

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-237451

(43)Date of publication of application : 23.08.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/22

G03F 9/00

(21)Application number : 2001-381134 (71)Applicant : NIKON CORP

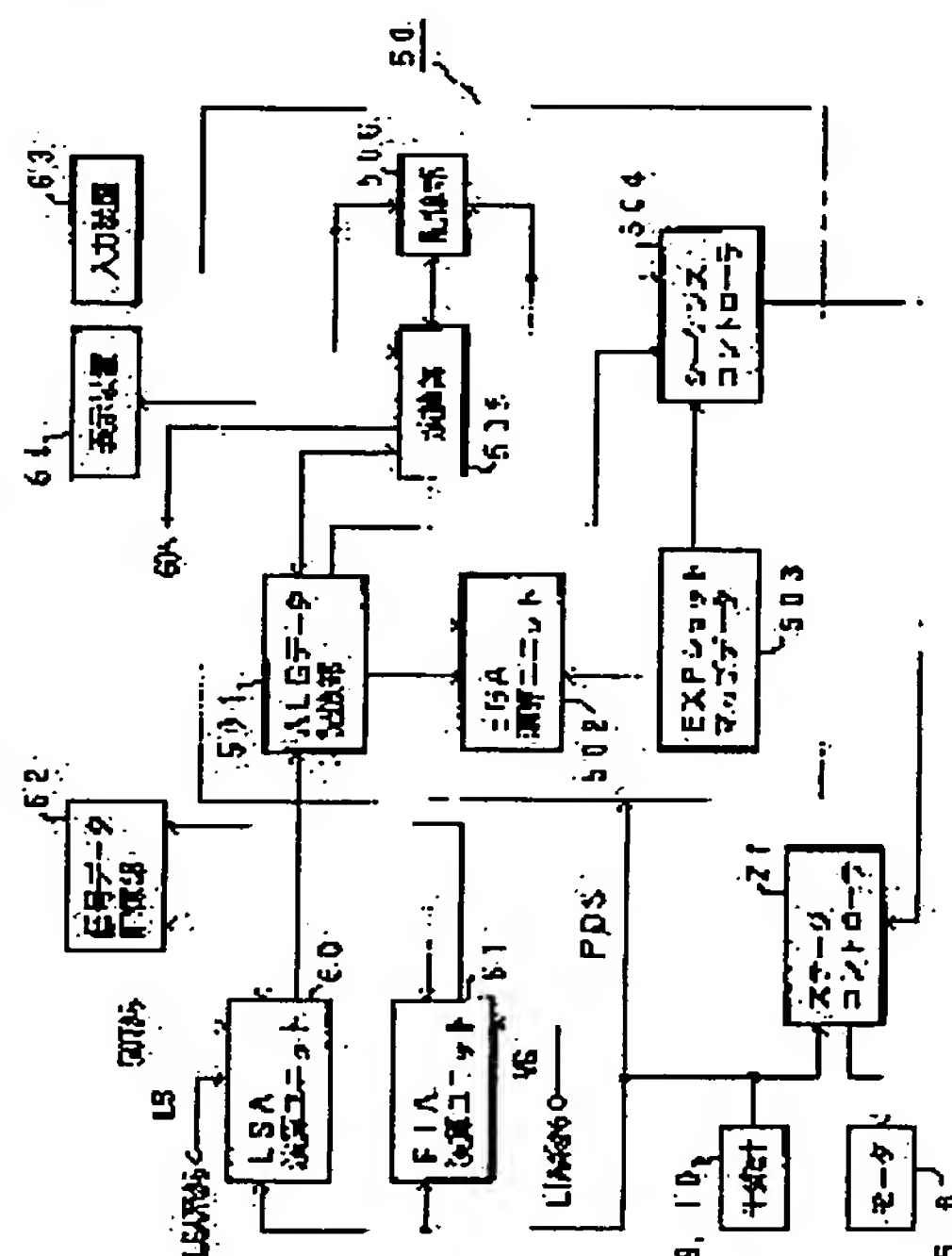
(22)Date of filing : 24.04.1991 (72)Inventor : TOSAKA MICHIKO

## (54) ALIGNING APPARATUS AND METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a aligning apparatus and method for analyzing the causes of the generation of overlapping errors and further improving overlapping accuracy.

SOLUTION: A plurality of arrangement conditions are set for selecting at least two exposure regions from a plurality of exposure regions on a substrate. Then, the position of a mark for alignment regarding at least two exposure regions being selected under the plurality of set arrangement conditions is used, thus calculating each exposure position regarding the plurality of exposure regions. Based on the calculated exposure position, an optimum arrangement condition is determined out of the plurality of arrangement conditions.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

·

[Patent number]	3427836
[Date of registration]	16.05.2003
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields among two or more exposure fields which can be set on a substrate. In alignment equipment equipped with an exposure location calculation means to compute each exposure location about said two or more exposure fields The multi-statement of the arrangement conditions for choosing at least two exposure fields from said two or more exposure fields is carried out. An operation means to calculate each exposure location about said two or more exposure fields for two or more set-up arrangement conditions of every based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields chosen under these arrangement conditions, Alignment equipment characterized by having a decision means to determine the arrangement conditions to which the calculation error of said exposure location in said exposure location calculation means becomes small out of said two or more arrangement conditions, based on said exposure location calculated for said two or more arrangement conditions of every.

[Claim 2] A mark detection means to detect beforehand the location of each mark for alignment about said two or more exposure fields, It has a storage means to memorize the location of said mark for alignment detected with said mark detection means. Said operation means Alignment equipment according to claim 1 characterized by calculating the exposure location about said two or more exposure fields, respectively for said two or more arrangement conditions of every using the location of said mark for alignment memorized by said storage means.

[Claim 3] Said two or more arrangement conditions are alignment equipment according to claim 1 or 2 characterized by the number of said exposure fields to choose differing, respectively.

[Claim 4] Said two or more arrangement conditions are alignment equipment according to claim 1 or 2 by which it is differing [ the locations of said exposure field to choose ]-, respectively characterized.

[Claim 5] It is based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields among two or more exposure fields which can be set on a substrate. In the alignment approach which computes each exposure location about said two or more exposure fields, and carries out alignment of said substrate based on each computed exposure location The multi-statement of the arrangement conditions for choosing at least two exposure fields from said two or more exposure fields is carried out. And it is based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields chosen under these arrangement conditions. two or more set-up arrangement conditions of every -- The alignment approach characterized by determining the arrangement conditions to which the error component about said alignment becomes small out of said two or more arrangement conditions based on said exposure location which calculated each exposure location about said two or more exposure fields, and was calculated for said two or more arrangement conditions of every.

[Claim 6] Said two or more arrangement conditions are the alignment approach according to claim 5 characterized by the locations of said exposure field to choose differing.

[Claim 7] Said two or more arrangement conditions are the alignment approach according to claim 5 characterized by the number of said exposure fields to choose differing.

[Claim 8] The aligner equipped with alignment equipment according to claim 4 from claim 1.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to a semiconductor device, or the alignment equipment and the alignment approach of the mask or the suitable reticle, and the suitable photosensitive substrates for an aligner (a semi-conductor wafer, plate for liquid crystal, etc.) for liquid crystal display component manufacture especially about the equipment and the approach of performing relative alignment of the substrate with which two or more processed fields aligned in X and the direction of Y regularly, and were formed in them, and a predetermined reference point.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, at the lithography process of semiconductor device manufacture, the contraction projection mold aligner (stepper) of a step-and-repeat method is used abundantly as equipment which imprints a reticle pattern on a wafer by the high resolution. In this kind of stepper, short-wavelength-izing of exposure light and development of the projection lens of a high numerical aperture (N.A.) are performed with high integration of a semiconductor device, and, recently, the resolution on a wafer has become the sub micron (about 0.5 micrometers). In order to imprint such a high resolving pattern, the alignment (superposition) precision corresponding to the resolution is needed.

[0003] Current and a stepper's alignment method have the extended wafer global alignment (hereafter referred to as enhancement global alignment: EGA) in use as indicated by JP,61-44429,A or JP,62-84516,A. Before performing superposition exposure to one wafer, seven shot fields located a core and near [ its ] a periphery a wafer among two or more shot fields formed on the wafer are specified as an EGA method, and the location of the mark for [ incidental to each shot field ] 2 sets (X, the direction of Y) of alignment is measured by the alignment sensor (sample alignment). After an appropriate time, based on the location measurement value and design value of these marks, a total of six parameters of the residual rotation of a wafer and the perpendicularity (or perpendicularity of a shot array) of a wafer stage are determined with statistical methods (least square method etc.) whenever [ offset / of the error parameter about the array property of the shot field on a wafer, i.e., a wafer center position, / (X, direction of Y), and flexible / of a wafer ] (X, the direction of Y). And as the coordinate value on that design is amended to all the shot fields on a wafer and a wafer is located in this amended coordinate value based on the value of this determined parameter, it is the method to which stepping of the wafer stage is carried out one by one.

[0004] Since the advantage of this EGA method does not need mark location measurement after measuring the location of few numbers (about 3-16 pieces) of marks compared with all the shots per hours on a wafer in advance of \*\* wafer exposure, In order to recognize the array property of a shot field with high precision unlike what improvement in a throughput can be desired for, and the global alignment method of \*\* former, If sample alignment is performed to a number with a very at best still more sufficient alignment precision of shot fields also to other shot fields which did not perform sample alignment Each mark detection error will be equalized under a statistical operation. The alignment (a die Bayh die or site Bayh site method) in every shot, equivalent, or the alignment precision beyond it is being able to wish to all the shot fields of the whole wafer surface.

[0005] Here, with reference to drawing 17 , actuation of the superposition exposure by the EGA method is explained briefly. The first (1st) exposure location on the design of the shot field which

should form Point D on a wafer in drawing 17, and Point MAL are shot field SA1st actually formed on the wafer. 1st exposure location (measurement value) and Point DEG express the second (2nd) exposure location on the count computed by the EGA operation. Shot field SA1st In performing receiving superposition exposure, first, by the EGA operation (the above-mentioned transformation matrix), 2nd exposure location on a design (namely, 1st exposure location D) is changed (amendment), and it asks for 2nd exposure location DEG (it expresses with Vector ega all over drawing). if it exposes after an appropriate time by carrying out stepping of the wafer stage to 2nd exposure location DEG -- the projection image of a reticle pattern -- shot field SA1st it is piled up and united and imprints -- having -- a wafer top -- shot field SA2nd \*\*\*\*\* -- it will be formed. In addition, shot field SA1st measured by the alignment sensor in drawing 17 Shot field SA2nd actually formed on the wafer with 1st exposure location MAL The gap (namely, superposition error) with 2nd exposure location DEG (calculated value) is exaggerated and expressed with Vector Ve. Usually, this superposition error (vector Ve) has become zero thru/or less than a predetermined allowed value (about [ for example, / of minimum solution image line width of face ] 1/5), and is shot field SA1st. SA2nd It overlaps mostly and is formed on the wafer.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the conventional technique like the above, even if it performs superposition exposure of a reticle pattern to each shot field on a wafer using an EGA method, there is a problem that the superposition error (equivalent to the vector Ve in drawing 17) cannot become less than a predetermined allowed value in no shot fields. This is considered to be generated when the measurement error resulting from the noise contained in configuration distortion and system of measurement of the mark itself exists by each actual position coordinate of a shot field formed on \*\* wafer when detecting the alignment mark of that a random position error is included to the position coordinate on a design by the effect of processes (development etc.) etc., and \*\* shot field. However, while it has not been clearly analyzed and classified in fact by it what the superposition error has generated as a cause, in the stepper, evaluation to the above-mentioned error amount is performed.

[0007] This invention was made in consideration of the above point, can analyze the generating factor of a superposition error, and aims at acquiring the alignment equipment and the alignment approach of raising superposition precision further.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve this trouble, it sets to invention of claim 1. It is based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields among two or more exposure fields which can be set on a substrate. In alignment equipment equipped with an exposure location calculation means to compute each exposure location about said two or more exposure fields The multi-statement of the arrangement conditions for choosing at least two exposure fields from said two or more exposure fields is carried out. An operation means to calculate each exposure location about said two or more exposure fields for two or more set-up arrangement conditions of every based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields chosen under these arrangement conditions, We decided to have a decision means to determine the arrangement conditions to which the calculation error of said exposure location in said exposure location calculation means becomes small out of said two or more arrangement conditions, based on said exposure location calculated for said two or more arrangement conditions of every. Moreover, the inside of two or more exposure fields which can be set on a substrate in invention of claim 5, In the alignment approach which computes each exposure location about said two or more exposure fields, and carries out alignment of said substrate based on each computed exposure location based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields The multi-statement of the arrangement conditions for choosing at least two exposure fields from said two or more exposure fields is carried out. And it is based on the location of the mark for alignment about at least two exposure fields chosen under these arrangement conditions. two or more set-up arrangement conditions of every -- We decided to determine the arrangement conditions to which the error component about said alignment becomes small out of said two or more arrangement conditions based on said exposure location which calculated each exposure location about said two or more exposure fields, and was calculated for said two or more arrangement conditions of every.

[0009]

[Function] In this invention, the multi-statement of the arrangement conditions for choosing said at least two exposure fields from two or more exposure fields (shot field SAn) is carried out on mutually different conditions, and the this set-up exposure location concerning said two or more exposure fields two or more whole arrangement conditions is calculated, respectively. And by this operation, based on each of said exposure location called for for said two or more arrangement conditions of every, respectively, out of said two or more arrangement conditions, we decided to determine the optimal arrangement conditions so that the error component generated according to said arrangement conditions might become small.

[0010] For this reason, it is analyzable what kind of improvement is brought about on alignment precision under a monograph affair with evaluation of alignment precision by changing shot arrangement (for example, the location of the processed field for evaluation or a number) in a statistics operation (correction).

[0011]

[Example] The perspective view showing the rough configuration of the contraction projection mold aligner (stepper) with which drawing 2 was equipped with the alignment equipment of this invention, and drawing 3 are the perspective views showing the rough configuration of the illumination-light study system of the stepper who shows drawing 2. As shown in drawing 3, it is reflected by the cold mirror 13 and the illumination light (g line, i line, etc.) of the predetermined wavelength region generated from an ultrahigh pressure mercury lamp 11 is condensed on the 2nd focus of the ellipse mirror 12, after being reflected in the ellipse mirror 12. Furthermore, the illumination light to which the condensing optical system 14 containing a collimator lens etc. and the optical integrator (fly eye lens group) 15 were passed, and entropy of the flux of light etc. was performed illuminates Reticle R with an almost uniform illuminance through a condenser lens 18, after resulting in a mirror 17 through the relay lens system 16 and being reflected caudad almost perpendicularly here. In addition, a KrF excimer laser etc. may be used as a source for exposure of the illumination light.

[0012] The reticle alignment marks RX and RY1 for positioning Reticle R in the reticle R used as the projection original edition on the outside (reticle circumference side) of circuit pattern space PA, and RY2 It is formed. Reticle R is laid on a reticle stage 19, and positioning is performed so that the central point RC of pattern space PA may be mostly in agreement with the optical axis AX of projection optics 1. a reticle stage 19 -- drive motors 21 and 22 -- the inside of a horizontal plane -- two-dimensional -- it is constituted movable and the migration mirrors 23 and 24 which reflect the laser beam from the laser beam wave interference type length measuring machines (it considers as an interferometer hereafter) 25 and 26 are being fixed to the edge. Interferometers 25 and 26 always detect the two-dimensional location of Reticle R with the resolution of about 0.01 micrometers. Initial setting of Reticle R is the alignment marks RX and RY1 of the reticle circumference, and RY2. Based on the mark detection signal from the reticle alignment system (un-illustrating) which carries out photoelectrical detection, it is carried out by moving a reticle stage 19 slightly.

[0013] By the way, in this example, near the central point RC of for example, the reticle R, 2 sets of pattern groups (the primary scale pattern RP 1 and the vernier pattern RP 2) as shown in drawing 4 leave only predetermined spacing  $\Delta Y$  in the direction of Y, and are formed in it. In addition, about the configuration of the pattern group of 2 sets of \*\*\*\* shown in drawing 4, it is indicated by JP,63-38697,B, for example. In drawing 4, grid pattern 70x are prepared in the direction of X at constant pitch, and grid pattern 70y is prepared in the direction of Y in the same pitch as pattern 70x. The figure which sets the center of a pattern to 0 and serves as 2, 4, 6, 8, and a standard in forward and the negative direction is struck by each of the grid patterns 70x and 70y. The grid patterns 71x and 71y were formed as assistance of the grid patterns 70x and 70y, and work as a rude vernier here. As mentioned above, it is the primary scale pattern RP 1 by four grid patterns. Although constituted, especially the grid patterns 71x and 71y are not formed, but its \*\* is also good. Moreover, vernier pattern RP 2 While the grid patterns 80x and 80y to accomplish are set to a pitch with the slightly larger pitch than the pitch of the grid patterns 70x and 70y, each bar mark is the primary scale pattern RP 1. Vernier pattern RP 2 When it piles up, the configuration arrangement is carried out so that it may be caught between each bar mark of the grid patterns 70x and 70y. While being similarly set to

a slightly larger pitch than the pitch of the grid patterns 71x and 71y about the grid patterns 81x and 81y which work as a rude vernier, the configuration arrangement of each bar mark is carried out so that it may be caught between each bar mark of the grid patterns 71x and 71y.

[0014] now, the illumination light which passed pattern space PA as shown in drawing 2 -- a single-sided (or both sides) tele cent -- incidence is carried out to the rucksack projection optics 1, projection optics 1 reduces the projection image of the circuit pattern of Reticle R to 1/5 or 1/10, and it is laid on top of one shot field SA on the wafer W with which the resist layer was formed in the front face, and it carries out image formation projection. The wafer holder 2 is formed in X and the direction of Y minutely pivotable to the wafer stage 3 which carries out two-dimensional migration while it carries out vacuum adsorption of the wafer W. It is fixed on the wafer stage 3 and a drive motor 4 rotates the wafer holder 2. Moreover, after two-dimensional migration is carried out by the step-and-repeat method by drive motors 5 and 6 and imprint exposure of the reticle R to one shot field SA on Wafer W is completed, stepping of the wafer stage 3 is carried out to the shot location of a degree. The migration mirror 7 in which the plane of reflection was extended in the direction of Y, and the migration mirror 8 in which the plane of reflection was extended in the direction of X are respectively fixed to two sides sides and the edge of the wafer stage 3 cross at right angles. An interferometer 9 projects a laser beam on the migration mirror 8, always detects the location (or movement magnitude) of the direction of Y of the wafer stage 3 with the resolving power of 0.01 micrometers, and an interferometer 10 projects a laser beam on the migration mirror 7, and it detects the location (or movement magnitude) of the direction of X of the wafer stage 3 with the same resolving power. In addition, the optical axis AX of projection optics 1 is constituted so that it may pass along the intersection of the length measurement shaft (center line of a laser beam bundle) of interferometers 9 and 10. Moreover, based on the location measurement signal from interferometers 9 and 10 etc., although not shown in drawing 2, the stage controller 27 (refer to drawing 1) is constituted so that migration and positioning of the wafer holder 2 and the wafer stage 3 may be controlled.

[0015] Moreover, in drawing 2, it is fixed at fixed spacing from projection optics 1, and the alignment optical system (FieldImage Alignment; FIA system) 20 of the off-axis method which carries out expansion observation of the alignment mark on Wafer W is also shown. Since it is indicated by JP,2-54103,A about the configuration of the FIA system 20, for example, it explains briefly here. The FIA system 20 carries out image formation of the image of the alignment mark on a wafer, and the index mark on the index plate arranged by the objective lens etc. a wafer and conjugate on the light-receiving side of image sensors, such as ITV and a CCD camera, by irradiating the illumination light which has predetermined wavelength width of face at Wafer W. Video signal VS from an image sensor is inputted into the below-mentioned FIA arithmetic unit 61 (refer to drawing 1) with the location measurement signal from interferometers 9 and 10. The FIA arithmetic unit 61 asks for the gap of a mark image to an index mark based on the wave of video signal VS, and outputs the information about a mark location when a mark image is located at the core of an index mark to a main control unit 50.

[0016] Furthermore, to a stepper, the mark detection possible range (search range) is wide, and the laser step alignment (LSA) system of the TTL (Through The Lens) method in which high-speed alignment measurement is possible is prepared. In addition, since it is indicated about the configuration of a LSA system by JP,60-130742,A or JP,2-54103,A described previously, for example, it explains briefly here.

[0017] Although not illustrated, after it is expanded to a beam diameter predetermined with a beam expander and being orthopedically operated by the long and slender ellipse beam by the cylindrical lens, incidence of the laser beam generated from laser light sources, such as helium-Ne and Ar ion, is carried out to a beam splitter 30, and it is divided into the two flux of lights. It is reflected by the mirror 31 and the laser beam bundle which passed the beam splitter 30 passes a beam splitter 32, and after converging so that the cross section may become a band-like spot light by the image formation lens group 33, it carries out incidence to the 1st clinch mirror 34 arranged so that the projection optical path of a circuit pattern image may not be shaded between Reticle R and projection optics 1. The 1st clinch mirror 34 turns a laser beam bundle to Reticle R, and reflects it up. The laser beam bundle is prepared in Reticle R bottom, carries out incidence to the mirror 35 which has a plane of

reflection parallel to the front face of Reticle R, and is reflected towards the core of the entrance pupil Ep of projection optics 1. It converges so that a part for the axial exterior to the chief ray of projection optics 1 may become almost perpendicular to Wafer W, and on Wafer W, image formation of the laser beam bundle from a mirror 35 is carried out as a band-like spot light LYS extended long and slender in the direction of X toward the optical axis AX.

[0018] Now, the spot light LYS scans relatively the alignment mark of the shape of a diffraction grating extended in the direction of X on Wafer W in the direction of Y, and it is used in order to detect the location of the mark. If the spot light LYS irradiates a mark, the diffracted light (more than primary light) and the scattered light will arise from a mark with specular reflection light (zero-order light). It is again reflected in a beam splitter 34 return and here through projection optics 1, a mirror 35, a mirror 34, and the image formation lens group 33, and incidence of these light information is carried out to the optical element 36 which consists of Pupil Ep, the spatial filter [ \*\*\*\* ], and condenser lens of projection optics 1. An optical element 36 makes the high order diffracted light (for example, the \*\*1-3rd diffracted lights) or the scattered light penetrate among these light information, intercepts specular reflection light (zero-order light), and condenses the diffracted light or the scattered light to the light-receiving side of a photoelectric element 38 through a mirror 37. A photoelectric element 38 outputs the photoelectrical signal according to the quantity of light of the diffracted light which condensed, or the scattered light. As mentioned above, a mirror 31, a beam splitter 32, the image formation lens group 33, mirrors 34 and 35, the optical element 36, the mirror 37, and the photoelectric element 38 constitute the alignment optical system (it is hereafter called a Y-LSA system) which detects the location of the direction of Y of the mark on Wafer W.

[0019] On the other hand, incidence of another laser beam bundle reflected by the beam splitter 30 is carried out to the alignment optical system (hereafter referred to as X-LSA) which detects the location of the direction of X of the alignment mark on Wafer W. A X-LSA system consists of a mirror 41, a beam splitter 42, the image formation lens group 43, mirrors 44 and 45, an optical element 46, a mirror 47, and a photoelectric element 48 completely like a Y-LSA system, and carries out image formation of the band-like spot light LXS extended long and slender in the direction of Y on Wafer W.

[0020] By the way, the photoelectrical signal LS from photoelectric elements 38 and 48 is inputted into the below-mentioned LSA arithmetic unit 60 (refer to drawing 1 ) with the location measurement signal from interferometers 9 and 10, and the LSA arithmetic unit 60 samples the photoelectrical signal LS synchronizing with the rise down pulse signal generated in every [ of the wafer stage 3 ] unit movement magnitude (0.01 micrometers). And after changing each sampling value into digital value and making memory memorize in order of an address, by predetermined data processing, the location of an alignment mark is detected and this positional information is outputted to a main control unit 50. In addition, the LSA arithmetic unit 60 may perform wave processing of a photoelectrical signal according to each reinforcement of the diffracted light and the scattered light in parallel, and may determine the location of an alignment mark from both detection results.

[0021] Next, the main control unit 50 which carries out generalization control of the whole equipment of the above-mentioned configuration with reference to drawing 1 is explained. Drawing 1 shall be the block diagram showing the rough configuration of the control system of the equipment by this example, and the main control unit 50 shall always have inputted the location measurement signal PDS from interferometers 9 and 10. In drawing 1 , the signal data storage section 62 can memorize the data point changed into digital value, the photoelectrical signal LS 60, for example, the LSA arithmetic unit, from the X and Y-LSA systems (photoelectric elements 38 and 48). In drawing 1 , it is possible to also memorize video signal VS from the FIA system 20 (image sensor). The alignment (ALG) data storage section 501 can input the mark positional information (namely, the array coordinate value MALn of a shot field) from both the LSA arithmetic unit 60 and the FIA arithmetic unit 61. The EGA arithmetic unit 502 is based on the mark positional information memorized by the ALG data storage section 501, and is the array coordinate value DEGN of the shot field on Wafer W by the statistical operation technique. It computes and the calculation result is sent to a sequence controller 504 and the storage section 506. With the EGA arithmetic unit 502, it is the array coordinate value DEGN. It precedes, and whenever [ offset / of an operation parameter, i.e. a wafer center position, / (X, direction of Y), and flexible / of a wafer ] (X, the direction of Y), the

residual rotation of a wafer and the perpendicularity of a wafer stage, or the perpendicularity (the below-mentioned transformation matrices A and O) of a shot array is also computed, and these parameters are also stored in the storage section 506.

[0022] Moreover, the exposure (EXP) shot map data division 503 store the exposure location on the design of the shot field which should be exposed on a wafer (array coordinate value Dn), and this design value is sent to the EGA arithmetic unit 502 and a sequence controller 504. A sequence controller 504 opts for a series of procedures for controlling migration of the wafer stage 3 at the time of alignment and exposure of a step-and-repeat method based on each above-mentioned data. Here, in drawing 1, the equipments (keyboard etc.) 63 which input the command and the various measurement data from an operator (the below-mentioned vernier measurement value deltaV etc.), and the equipments (CRT etc.) 64 which display the analysis result (after-mentioned) of the superposition error computed by operation part 505 are shown.

[0023] Now, the storage section 506 is an operation parameter from the EGA arithmetic unit 502, and the array coordinate value DEGN on count of a shot field. The input data from an input device 63 etc. is memorized. Moreover, the data with which operation part 505 was memorized by the storage section 506 (the array coordinate value DEGN on count of a shot field, and vernier measurement value deltaV), Array coordinate value MALn on measurement of the shot field memorized by the ALG data storage section 501 It is based. The error which produces the superposition error (vector v) for every shot field on a wafer at the time of analysis, i.e., mark location detection, (vector e), While dividing into the error (vector a) produced corresponding to the location (or the number) on the wafer of the shot field which should be carried out sample alignment at the time of a statistics operation and analyzing, the analysis result (namely, diagram of the below-mentioned location gap vectors v, e, and a) is displayed on a display 64. Signal-processing conditions [ in / corresponding to the analysis result of a superposition error furthermore / in operation part 505 / the LSA arithmetic unit 60 (or FIA arithmetic unit 61) ] (for example, a waveform analysis algorithm, algorithm slice level, etc.), It is on count, EGA shot arrangement (namely, the location of the shot field which should be carried out sample alignment, a number) in the EGA arithmetic unit 502 is changed (correction), and the vector (v) under a monograph affair, (e), and (a) are computed by simulation (detail after-mentioned). Moreover, the simulation result (diagram of three location gap vectors v, e, and a) in operation part 505 is displayed on a display 64, whenever signal-processing conditions or the conditions about EGA shot arrangement are changed. Therefore, an operator can know what kind of improvement the above-mentioned conditions will bring about on alignment precision from the diagram displayed on a display 64. Moreover, it is possible by an operator's searching for signal-processing conditions and each optimal conditions of EGA shot arrangement from the above-mentioned result, and inputting this condition into a stepper (operation part 505) from an input unit 63 to set up the optimal processing conditions to the LSA arithmetic unit 60 and the EGA arithmetic unit 502. In addition, based on the command from operation part 505, the LSA arithmetic unit 60 and the EGA arithmetic unit 502 are making a change of the above-mentioned conditions, respectively.

[0024] Next, with reference to drawing 5, the analysis approach of the superposition error in this example is explained. Drawing 5 is the rough flow chart Fig. showing an example of actuation of this example. In addition, in this example, the superposition error produced when performing alignment of an EGA method using the X and Y-LSA systems shall be analyzed. Now, it is the information SAn for which the sequence controller 504 was stored in the EXP shot map data division 503 in the stepper who showed drawing 2, i.e., a shot field. Stepping of the wafer stage 3 is carried out according to the array coordinate value on a design (Dxn, Dyn), and the sequential imprint of the pattern (the primary scale pattern RP 1 shown in drawing 4) of Reticle R is carried out on Wafer W (step 100).

[0025] After the wafer W which 1st exposure ended is taken out from a stepper, a development etc. is performed in a non-illustrated coater developer. Consequently, as shown in drawing 6, on Wafer W, two or more circuit pattern (shot field SAn) and alignment marks Mx and My are formed in the shape of a matrix. Furthermore, the wafer W with which the resist layer was formed in the front face is carried in to a stepper, and loading is carried out on the wafer stage 3. Under the present circumstances, in the interior of a stepper, it is the shot field SAn. It prepares for the receiving superposition (2nd) exposure, and only deltaY shifts Reticle R in the direction of Y in parallel to the

above-mentioned wafer processing. Reticle R is moved by carrying out servo control of the reticle stage 19 according to the location measurement signal from interferometers 21 and 22.

Consequently, Reticle R shifts only  $\Delta Y$  correctly and the vernier pattern RP 2 ( drawing 4 ) is the primary scale pattern RP 1 at the time of 1st exposure. It will be positioned in a coordinate location (step 101).

[0026] Now, the wafer W by which loading was carried out is first laid in the precision of dozens of micrometers or less by mechanical PURIARAIMENTO equipment (un-illustrating) on the wafer stage 3. Next, a sequence controller 504 performs PURIARAIMENTO of Wafer W using the FIA system 20 and a X-LSA system. first, the FIA system 20 -- near the periphery of Wafer W -- and the location of the direction of Y of two shot fields (for example, shot fields SA11 and SA12 in drawing 6 ) mostly formed in the right-and-left (Y-axis) symmetric position about the wafer core is detected. on the other hand -- a X-LSA system -- near the periphery of Wafer W -- and the location of the direction of X of the two above-mentioned shot fields SA11 and SA12 to the shot field (for example, the shot field SA 13 in drawing 6 ) which is in the equal distance mostly is detected. Furthermore, a sequence controller 504 computes the amount of location gaps of the wafer W to the rectangular coordinate system XY specified by interferometers 9 and 10 (a rotational error is included) based on the mark positional information of three shot fields stored in the ALG data storage section 501. PURIARAIMENTO of Wafer W is completed by driving the wafer holder 2 and the wafer stage 3 after an appropriate time according to this amount of location gaps. Consequently, the relative location gap with Reticle R and Wafer W (shot field SAn) will be amended in the precision of 1 micrometer or less (step 102).

[0027] By the way, shot field [ as opposed to / so that after step 102 (PURIARAIMENTO) termination (for example, exaggeratingly shown in drawing 7 ) / the moving coordinate (rectangular coordinate system XY) of the wafer stage 3 ] SAn The rotational error  $\theta$  of the array system of coordinates \*\*\*\* (rotation which was not able to be amended in PURIARAIMENTO) remains. In addition, drawing 7 has shown only the shot field arranged on alpha shaft and beta shaft.

[0028] Then, at the following step 103, the X and Y-LSA systems are used in advance of an EGA operation, and they are all the shot fields SAn on Wafer W. Mark location measurement is performed. A sequence controller 504 does stepping of the wafer stage 3 according to the array coordinate value on the design of the shot field stored in the EXP shot map data division 503 (Dxn, Dyn), moves the wafer stage 3 slightly for every shot field, and does the relative scan of the spot light LXS and LYS and the alignment marks Mx and My of the X and Y-LSA systems. From this, with the LSA arithmetic unit 60, a mark location is computed under predetermined signal-processing conditions, and these positional information is memorized by the ALG data storage section 501 as an array coordinate value (MALxn, MALyn). Under the present circumstances, all shot fields SAn The signal data storage section 62 is made to also memorize the data point of the photoelectrical signal LS outputted from photoelectric elements 38 and 48 for every mark.

[0029] Here, with reference to drawing 8 , measurement actuation of a LSA system is explained briefly. Drawing 8 shows an example of the situation of a relative scan with Mark Mx and the spot light LXS, and the wave-like situation of the photoelectrical signal LS. As shown in drawing 8 (A), Mark Mx has the shape of a diffraction grating which has a fixed pitch in the direction of Y which intersected perpendicularly with the relative scanning direction (the direction of X), and Mark Mx is scanned so that the spot light LXS may be crossed almost in parallel by jogging of the wafer stage 3. At this time, the signal LS from a photoelectric element 48 serves as a wave as shown in drawing 8 (B). In the LSA arithmetic unit 60, the signal wave form like the above is compared with the predetermined slice level Vr, and the central point of each intersection of the standup of a signal wave form and the slice level Vr of falling is determined as a center position of the direction of X of Mark Mx. In addition, by mark configuration distortion etc., although, as for the signal wave form shown in drawing 8 (B), symmetry is saved, even if it is the mark of the same pitch configuration as drawing 8 (A), a clear peak is not acquired like drawing 8 (D) in becoming an unsymmetrical wave like drawing 8 (C), or what is originally one peak causes a crest crack like drawing 8 (E). In a wave-like case like drawing 8 (D), with a waveform analysis algorithm, it is judged by mark location detection that it is unsuitable, and it may reject beforehand. the case of a crest crack wave -- to that extent -- being also alike -- although depended, when there are two adjoining peaks which were

produced by the crest crack in fixed spacing decided by mark width of face, it can be regarded as one mark wave, and a mark center position can be measured by setup of slice level.

[0030] Next, the technique indicated by JP,61-44429,A described previously is followed, and they are all the shot fields  $SA_n$  on Wafer W. An array coordinate value ( $DEG_{xn}$ ,  $DEG_{yn}$ ) is computed. First, the EGA arithmetic units 502 are all the shot fields  $SA_n$  memorized by the ALG data storage section 501 at step 103. The array coordinate value of two or more shot fields (for example, the shot field  $SA_1$  in drawing 6 -  $SA_7$ ) located near the periphery of Wafer W among array coordinate values ( $MAL_{xn}$ ,  $MAL_{yn}$ ) is read. And this shot field  $SA_1 - SA_7$  that were read Based on the array coordinate value on measurement ( $MAL_{xn}$ ,  $MAL_{yn}$ ), and the array coordinate value on the design stored in the ALG shot map data division 504 ( $D_{xn}$ ,  $D_{yn}$ ), the transformation matrices A and O in the map relational expression (determinant  $MAL_n = A \cdot D_n + O$ ) shown in the regularity 1 of the shot array on the wafer W which should be carried out alignment by the step-and-repeat method, i.e., the following formulas, are determined. However, as a parameter, including each of the residual rotational error  $\theta$ , Perpendicularity  $\omega$  and the scaling errors  $R_x$  and  $R_y$ , and offset errors  $O_x$  and  $O_y$ , transformation matrices A are two-line two trains, and O of the transformation matrices A and O in the above-mentioned relational expression is the matrix of a two-line one train.

[0031]

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} MAL_{xn} \\ MAL_{yn} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{pmatrix} + O$$

[0032] In addition, transformation matrices A and O are expressed with the following formulas 2 and 3.

[0033]

[Equation 2]

$$A = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -\tan \omega \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_x & 0 \\ 0 & R_y \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} R_x \cdot \cos \theta & -R_y (\cos \theta \cdot \tan \omega + \sin \theta) \\ R_y \cdot \sin \theta & R_y (-\sin \theta \cdot \tan \omega + \cos \theta) \end{pmatrix}$$

[0034]

[Equation 3]

$$O = \begin{pmatrix} O_x \\ O_y \end{pmatrix}$$

[0035] Here, to the array coordinate value on measurement ( $MAL_{xn}$ ,  $MAL_{yn}$ ), and the array coordinate value on a design ( $D_{xn}$ ,  $D_{yn}$ ), a remainder term ( $\epsilon_{xn}$  and  $\epsilon_{yn}$ ) exists and, as for the shot field on a wafer, is rewritten like the formula 4 of the following [ formula / 1 / above-mentioned ].

[0036]

[Equation 4]

$$\begin{pmatrix} MAL_{xn} \\ MAL_{yn} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{pmatrix} + O + \begin{pmatrix} \epsilon_{xn} \\ \epsilon_{yn} \end{pmatrix}$$

[0037] Therefore, the EGA arithmetic unit 502 determines the value of each parameter of transformation matrices A and O by the operation (least square method) so that the above-mentioned remainder term may serve as min. In addition, the computed transformation matrices A and O are stored in the storage section 506 like the above (step 104). The after an appropriate time and EGA arithmetic units 502 are all the shot fields  $SA_n$  on Wafer W by the above-mentioned formula 1. An array coordinate value ( $DEG_{xn}$ ,  $DEG_{yn}$ ) is computed (step 105). Therefore, if stepping of the wafer stage 3 is carried out according to the above-mentioned coordinate value ( $DEG_{xn}$ ,  $DEG_{yn}$ ), they will be all the shot fields  $SA_n$ . It receives, and the projection image of a reticle pattern will pile up correctly, will be put together, and will be exposed. Here, the array coordinate value ( $DEG_{xn}$ ,  $DEG_{yn}$ ) of the shot field computed with the EGA arithmetic unit 502 is sent to a sequence controller

504 and the storage section 506. In addition, it is because the array coordinate value on count (DEG<sub>xn</sub>, DEG<sub>yn</sub>) and the array coordinate value of set [ the array coordinate value computed by the EGA operation / to (DEG<sub>xn</sub>, DEG<sub>yn</sub>) ] on measurement (MAL<sub>xn</sub>, MAL<sub>yn</sub>) necessarily correspond in no shot fields on a wafer in order to use the least square method by the EGA operation (detail after-mentioned).

[0038] next, a sequence controller 504 does stepping of the wafer stage 3 according to a previous array coordinate value (DEG<sub>xn</sub>, DEG<sub>yn</sub>) -- making -- shot field S<sub>An</sub> on Wafer W every -- it exposes by piling up the projection image of a reticle pattern (2nd exposure). Consequently, a vernier pattern will be set [ it piles it up and ] and imprinted to the primary scale pattern formed by 1st exposure (step 106).

[0039] The wafer W which 2nd exposure ended is each shot field S<sub>An</sub>, if it is taken out from a stepper and a development etc. is performed. Near a core, it is the primary scale pattern RP 1. Vernier pattern RP 2 The overlapping vernier is formed. After an appropriate time and Wafer W are carried in to the observation equipment (un-illustrating) of separate installation, and it is the primary scale pattern RP 1 for every shot field here. Vernier pattern RP 2 The amounts delta V<sub>x</sub> and delta V<sub>y</sub> of location gaps of X and the direction of Y are measured (step 107). Thus, the amounts delta V<sub>x</sub> and delta V<sub>y</sub> of gaps for every measured shot field are inputted into the storage section 506 by the operator through an input unit 63 (step 108). In addition, vernier measurement may be performed optically, or viewing may perform, and no matter the equipment configuration and a measuring method may be what things, they are not cared about. Moreover, although an operator shall input a vernier measurement value (delta V<sub>x</sub>, delta V<sub>y</sub>) into a main control unit 50 in this example, you may constitute so that observation of a vernier and measurement may be performed, for example using the FIA system 20, and there is an advantage that the time and effort as which an operator inputs data in this case can be saved.

[0040] Next, operation part 505 computes the true array coordinate value (MVE<sub>xn</sub>, MVE<sub>yn</sub>) of the shot field formed by 1st exposure based on the vernier measurement values delta V<sub>x</sub> and delta V<sub>y</sub> from the storage section 506, and the array coordinate value of the shot field formed by 2nd exposure, i.e., the array coordinate value computed with the EGA arithmetic unit 502, (DEG<sub>xn</sub>, DEG<sub>yn</sub>). Here, the vernier measurement values delta V<sub>x</sub> and delta V<sub>y</sub> express the amount of location gaps of 1st shot field (primary scale pattern RP 1) to 2nd shot field (vernier pattern RP 2) imprinted according to the array coordinate value on count (DEG<sub>xn</sub>, DEG<sub>yn</sub>). Therefore, the true array coordinate value (MVE<sub>xn</sub>, MVE<sub>yn</sub>) of 1st shot field is computed by adding the vernier measurement values delta V<sub>x</sub> and delta V<sub>y</sub> as offset to the array coordinate value on count (DEG<sub>xn</sub>, DEG<sub>yn</sub>). This computed array coordinate value (MVE<sub>xn</sub>, MVE<sub>yn</sub>) is memorized by the storage section 506 (step 109).

[0041] The actual array coordinate value (DEG<sub>xn</sub>, DEG<sub>yn</sub>) of 2nd shot field where operation part 508 was furthermore stored in the storage section 509, and the true array coordinate value of 1st shot field (MVE<sub>xn</sub>, MVE<sub>yn</sub>). The array coordinate value on measurement of 1st shot field stored in the ALG data storage section 501 (it MAL<sub>xn</sub>(s)) It is based on MAL<sub>yn</sub> and they are 1st shot field SA1st and 2nd shot field SA2nd. A superposition error (vector v) is analyzed for every shot field, and this analysis result is displayed on a display 64 (step 110). This situation is briefly explained with reference to drawing 9. Setting to drawing 9, for the exposure location on the design of 1st shot field (coordinate values Dx<sub>n</sub> and Dy<sub>n</sub>), and Point MAL, the exposure location (coordinate values MAL<sub>xn</sub> and MAL<sub>yn</sub>) on measurement of 1st shot field (dotted line) and Point DEG are [ Point D ] 2nd shot field SA2nd. An actual exposure location (coordinate values DEG<sub>xn</sub> and DEG<sub>yn</sub>) and Point MVE are 1st shot field SA1st. The true exposure location (coordinate values MVE<sub>xn</sub> and MVE<sub>yn</sub>) is expressed.

[0042] The vector v from Point MVE to Point DEG can express a superposition error, and can divide Vector v into the vector e from Point MAL to Point MVE, and the vector a from Point MAL to Point DEG so that clearly from drawing 9. Here, Vector e is 1st shot field SA1st. The error (it is hereafter called a LSA error) which may be produced corresponding to the gap with a true exposure location and a measurement value, the signal-processing conditions in the \*\*\*\*\* LSA arithmetic unit 60, etc. at the time of mark location detection is expressed. In addition, it is thought that it is generated since the optimal signal-processing conditions are not set as the LSA arithmetic unit 60 as one of the

generating factors of a LSA error to the signal wave form as shown, for example in drawing 8 (C). Moreover, Vector a is 1st shot field SA1st. A measurement value and 2nd shot field SA2nd The error (it is hereafter called an EGA error) produced corresponding to the gap with an exposure location, i.e., the location on the wafer W of 1st shot field chosen in the EGA operation, or its number (EGA shot arrangement) is expressed. Therefore, a superposition error (vector v) is classified into the EGA error (vector a) which makes EGA shot arrangement the main factor with the LSA error (vector e) which makes signal-processing conditions the main factor, and operation part 505 stores this analysis result in the storage section 506 while displaying the diagram of three vectors v, e, and a on a display 64 for every shot field. Consequently, an operator can know to the generating factor (a LSA error, EGA error) of the superposition error in all the shot fields on a wafer, and also the error concerned. In addition, the method of presentation in an indicating equipment 64 is arbitrary, and is good, for example, the vector v of all shot fields is displayed on the screen, and you may make it Vector v display an enlarged display v, e, and a, i.e., three vectors, for the field concerned on the same screen with directions of an operator about a large shot field.

[0043] Next, the actuation (simulation) for making a superposition error (vector v) into min with reference to drawing 10 is explained. In addition, while actuation to steps 100-109 is already completed here and the data point for every mark of all the shot fields on a wafer is stored in the signal data storage section 62, the true array coordinate value (MVExn, MVEyn) of 1st shot field shall also be stored in the storage section 506.

[0044] Here, as shown in drawing 9, a superposition error (vector v) can be classified into a LSA error (vector e) and an EGA error (vector a) according to this example. Therefore, in order to make a superposition error (vector v) into min Make each of a LSA error (vector e) and an EGA error (vector a) into min. If it puts in another way, it will be EGA shot arrangement (here) with the signal-processing conditions (for example, electrical-potential-difference value of algorithm slice level etc.) and the EGA arithmetic unit 502 in the LSA arithmetic unit 60. It turns out that what is necessary is just to optimize each which points out the location and number on the wafer of two or more shot fields which need EGA shot arrangement to determine transformation matrices A and O. So, in this example, while changing the condition about each of signal-processing conditions and EGA shot arrangement, optimization of signal-processing conditions and EGA shot arrangement shall be performed by searching for the LSA error and EGA error in a monograph affair by simulation. In connection with this, two or more signal-processing conditions beforehand specified by the operator and the conditions of EGA shot arrangement shall be stored in the storage section 506 by this example.

[0045] Now, if a mark location is correctly detected in the LSA arithmetic unit 60, though natural, Point MAL and Point MVE which were shown in drawing 9 should approach, and the LSA error (vector e) should become small. That is, evaluating a LSA error (vector e) will evaluate the signal-processing conditions of the LSA arithmetic unit 60, and if a LSA error is fully small, it can be said to be that wave processing is performed on proper conditions. Conversely, if a LSA error is large, it cannot say that wave processing is performed on proper conditions, but it is necessary to improve signal-processing conditions. Then, optimization of the signal-processing conditions for making a LSA error (vector e) into min first is explained.

[0046] Here, in this example, the signal-processing conditions in the LSA arithmetic unit 60 have pointed out a waveform analysis algorithm, algorithm slice level, processing gate width, etc. In addition, processing gate width is defined centering on the mark location on a design. Moreover, as a waveform analysis algorithm, there are three algorithms described below, for example. Now, after it performs smoothing of a signal wave form in the section decided from predetermined processing gate width, the 1st algorithm slices this signal wave form on the level set up with algorithm slice level, and if an intersection is in right and left of a signal wave form as shown in drawing 8 (B), it will detect the central point of that intersection as a mark location. the 2nd algorithm -- the predetermined level L1 -- level L2 near [ after performing smoothing of a signal wave form in the above (electrical-potential-difference value) section ] peak value Two or more slice level in between is set up at fixed spacing, and the intersection and its die length in each slice level are found. And based on the die length in each slice level, the slice level from which the inclination of a signal wave form serves as max in the part below the level set up with algorithm slice level is selected, and the

central point of the intersection in the level concerned is detected as a mark location. The 3rd algorithm slices a signal wave form on the level set up with algorithm slice level, and asks for the central point as a criteria location. next, the predetermined level L1 -- level L2 near [ after performing smoothing of a signal wave form in the above (electrical-potential-difference value) section ] peak value two or more slice level in between -- fixed spacing -- setting up -- the central point of the intersection in each slice level -- it asks for middle point difference (namely, difference with the central point in adjacent slice level) further. And the central point in each slice level does not separate greatly with the criteria location for which it asked previously, but the field (namely, field where middle point difference is minute and the slice level is continuing for a long time) each central point is stable is chosen, and the central point in the field concerned is detected as a mark location.

[0047] Now, first, operation part 505 selects predetermined signal-processing conditions, for example, the level value of slice level  $V_r$ , out of the storage section 506, and changes the signal-processing conditions of the LSA arithmetic unit 60 (step 200). Next, the LSA arithmetic unit 60 reads a data point from the signal data storage section 62 one by one, is the basis of the newly set-up conditions (slice level), and computes the mark location (coordinate values  $MAL_{xn}$  and  $MAL_{yn}$ ) of all shot fields. After an appropriate time, these mark positional information is stored in the ALG data storage section 501 (step 201).

[0048] Next, operation part 505 displays the vector  $e$  of each shot field on a display 64 while computing a LSA error (vector  $e$ ) for every shot field based on the array coordinate value ( $MAL_{xn}$ ,  $MAL_{yn}$ ) calculated at step 201, and the true array coordinate value ( $MVE_{xn}$ ,  $MVE_{yn}$ ) read from the storage section 506. Thus, the computed LSA error is matched with the signal-processing conditions set as the LSA arithmetic unit 60, and is stored in the storage section 506 (step 202). After an appropriate time, operation part 505 judges whether simulation was performed about all the signal-processing conditions beforehand set as the storage section 506 by the operator (step 203). Here, since the simulation about all conditions is not completed, it returns to step 200. Operation part 505 progresses to the following step 204, when steps 200-202 are repeated and performed and simulation is completed on all conditions until simulation is completed. In addition, it is also good to only set up as signal-processing conditions beforehand set as the storage section 506, so that only algorithm slice level may be changed, or to set up a waveform analysis algorithm (or processing gate width) so that only modification may be changed, and you may make it set up the conditions which combined these further.

[0049] Now, when simulation is completed about all signal-processing conditions, operation part 505 chooses the signal-processing conditions from which the LSA error in each shot field serves as min based on the LSA error in the monograph affair stored in the storage section 506, and sets them as the LSA arithmetic unit 60 by making this condition into optimum conditions (step 204).

consequently, the point MAL shown in drawing 9 is scattered under the signal-processing conditions whose detection precision of the mark location in a LSA system the signal-processing conditions in the LSA arithmetic unit 60 are optimized, and improves and which were set up like the above when putting in another way -- MVE will be approached most or in agreement with it.

[0050] By the way, a LSA error may not become small, even if it repeats and performs steps 200-203 and performs simulation on all signal-processing conditions. Or the basis of the processing conditions set up as optimum conditions like the above is also learned if a LSA error is a deer smallness fence only, and it has things. Then, it judges that operation part 505 needs the analysis of a LSA error when a LSA error does not become small, even if it judges whether it is necessary to analyze a LSA error in more detail based on the LSA error (stored in the storage section 506) in each shot field computed under optimum conditions (step 205) and repeats simulation, and progresses to the following step 206. On the other hand, when the LSA error in each shot field is sufficiently small by optimization of the signal-processing conditions like the above, it progresses to step 208 immediately. Operation part 505 asks for standard deviation (or average), for example from the LSA error in all shot fields, and you may make it judge it by whether this value is over the predetermined value here. In addition, in this example, a LSA error shall progress to the following step 206 as what did not become small. Therefore, the signal-processing conditions in the LSA arithmetic unit 60 will be set as the conditions of arbitration, for example, initial condition, (conditions in step 103), and the

processing conditions in the simulation performed at the end in steps 200-202. Moreover, although operation part 505 judged the necessity of the analysis of a LSA error here, an operator observes the LSA error in the monograph affair displayed on a display 64, and may be made to judge the necessity of the analysis.

[0051] Next, operation part 505 performs analysis of a LSA error (vector e) using the linearity least square method (step 206). In addition, it is the completely same technique as the EGA operation which described it as the linearity least square method previously, and it becomes possible to divide a LSA error (vector e) into a linearity component (for it to be hereafter called a LSA residuum) and the remaining components (for it to be hereafter called a random error) by this data processing.

[0052] Then, when step 204 is completed, operation part 505 reads the array coordinate value on measurement of the shot field detected under the signal-processing conditions set as the LSA arithmetic unit 60 (MALxn, MALyn) from the ALG data storage section 501, while reading the true array coordinate value (MVExn, MVEyn) of a shot field from the storage section 506. Under the present circumstances, operation part 505 is the shot field SAn on a wafer. Two or more shot fields SA 1, for example, a shot field, - SA7 ( drawing 6 ) are specified from inside, and these array coordinate values are read from each of the ALG data storage section 501 and the storage section 506. After an appropriate time, operation part 505 determines the transformation matrices B and C in the matrix shown in the following formulas 5 by the same technique as an EGA operation (step 104) using this read array coordinate value, and stores this value in the storage section 506. In addition, transformation matrices B are two-line two trains, and C is the matrix of a two-line one train. Moreover, you may make it determine the number of shot fields used for the decision of transformation matrices B and C using the array coordinate value of all shot fields that what is necessary is just two or more.

[0053]

[Equation 5]

$$\begin{pmatrix} M_{VEXN} \\ M_{VEYN} \end{pmatrix} = B \begin{pmatrix} M_{ALXN} \\ M_{ALYN} \end{pmatrix} + C$$

[0054] Furthermore, using this transformation matrices B and C and formula 5 that were determined, operation part 505 changes the array coordinate value on measurement of a shot field (MALxn, MALyn), and stores this changed coordinate value in the storage section 506 as (Merxn, Meryn). three array coordinate values (MALxn, MALyn) with which operation part 505 was stored in the storage section 506 after an appropriate time -- and (MVExn, MVEyn) (Merxn, Meryn) it is based, a LSA error (vector e) is analyzed for every shot field, and this analysis result is displayed on a display 64 (step 207). Although this situation is explained with reference to drawing 11 , only a point different here from drawing 9 is described. In addition, the point Mer in drawing 11 expresses the shot location (coordinate values Merxn and Meryn) changed by the formula 5.

[0055] A LSA error (vector e) is the vector eR from Point MAL to Point Mer so that clearly from drawing 11 . It is divided into the vector r from Point Mer to Point MVE. Here, it is Vector eR. Since it is computed by the linearity least square method, the linearity component (LSA residuum) of a LSA error (vector e) is expressed, and Vector r will express the remaining components (namely, random error containing a nonlinear component) except the linearity component of a LSA error. Consequently, a LSA error (vector e) can be divided into a LSA residuum (vector eR) and a random error (vector r). Operation part 505 displays three vectors e and eR and the diagram of r on a display 64 for every shot field, and stores this analysis result in the storage section 506 further. Under the present circumstances, you may make it display \*\*\*\*\* which combined the vector eR (or r) of each shot field, transformation matrices B and C (or value of each parameter), or these on a display 64.

[0056] In addition, since the LSA residuum (vector eR) has the inclination which always exists like \*\*\*\* Add a LSA residuum as it is to the LSA system in an actual process wafer, and the measurement result of the LSA arithmetic unit 60. If it puts in another way, the location detection precision of a LSA system and the LSA arithmetic unit 60 will be made to improve as a result by updating the EGA result of an operation (transformation matrices A and O) by the LSA residuum (transformation matrices B and C) (detail after-mentioned).

[0057] By the above actuation, optimization (and analysis of a LSA error) of the signal-processing

conditions in the LSA arithmetic unit 60 will be completed. By the way, if optimization of the signal-processing conditions like the above is performed and a mark location is detected correctly, though natural, Point MAL and Point DEG which were shown in drawing 9 should approach, and the EGA error (vector  $a$ ) should become small. That is, evaluating an EGA error (vector  $a$ ) will evaluate the precision of an EGA operation, and if an EGA error is fully small, it can be said to be that EGA shot arrangement is set as proper conditions. Conversely, if an EGA error is large, it cannot say that EGA shot arrangement is set as proper conditions, but it is necessary to improve EGA shot arrangement. Then, optimization of the EGA shot arrangement for next making an EGA error (vector  $a$ ) into min is explained.

[0058] Now, operation part 505 selects predetermined EGA shot arrangement (a shots per hour and its location) out of the storage section 506, and changes EGA shot arrangement with the EGA arithmetic unit 502 (step 208). Next, the EGA arithmetic unit 502 reads the array coordinate value on measurement of each shot field corresponding to this newly set-up EGA shot arrangement (MALxn, MALyn) from the ALG data storage section 501, and reads the array coordinate value on a design (Dxn, Dyn) from the EXP shot map data division 503 further. In addition, the array coordinate value (MALxn, MALyn) read from the ALG data storage section 501 is a value detected under the signal-processing conditions set up at previous step 204. the after an appropriate time and EGA arithmetic unit 502 -- the array coordinate value (MALxn, MALyn) of each shot field -- and (Dxn, Dyn) it uses and transformation matrices A and O are determined completely like previous step 104. In addition, these computed transformation matrices A and O are stored in the storage section 506. Furthermore, it uses with this transformation matrices A and O and above-mentioned formula 1 that were computed, and the EGA arithmetic units 502 are all the shot fields SAn on Wafer W. An array coordinate value (DEGxn, DEGyn) is computed and this result of an operation is stored in the storage section 506 (step 209).

[0059] Next, based on the array coordinate value (DEGxn, DEGyn) computed like the above, and the array coordinate value (MALxn, MALyn) read from the ALG data storage section 501, operation part 505 computes an EGA error (vector  $a$ ) for every shot field, and displays the vector  $a$  of each shot field on a display 64 further. Thus, the computed EGA error is matched with the EGA shot arrangement set as the EGA arithmetic unit 502, and is stored in the storage section 506 (step 210). After an appropriate time, operation part 505 repeats and performs steps 208-210 until it judges whether simulation (calculation of the EGA error for every shot field) was performed about all EGA shot arrangement set as the storage section 506 (step 211) and this simulation is beforehand completed by the operator.

[0060] In addition, about the shot location, it sets beforehand, and it is also good to only change a shots per hour or to change only assignment of a shot location as a shots per hour being fixed, and you may make it set up the conditions which combined these further as conditions for the EGA shot arrangement set as the storage section 506. Now, when simulation is completed about all EGA shot arrangement, operation part 505 chooses the EGA shot arrangement to which the EGA error in each shot field serves as min based on the EGA error in the monograph affair stored in the storage section 506, and sets it as the EGA arithmetic unit 502 by making this arrangement into optimum conditions (step 212). consequently, if it puts in another way, the point DEG shown in drawing 9 that the operation precision in the EGA arithmetic unit 502 improves is scattered under the set-up shot arrangement like the above -- or it approaches MAL most, it will be in agreement and optimization of EGA shot arrangement is completed.

[0061] Here, the situation of the superposition error (vector  $v$ ) after optimization of signal-processing conditions and EGA shot arrangement was performed is shown in drawing 12 and drawing 13. When the LSA error (vector  $e$ ) has become sufficiently small by optimization of signal-processing conditions as for drawing 12, drawing 13 shows the case where a LSA error (vector  $e$ ) does not become small even if it optimizes signal-processing conditions. If optimization of signal-processing conditions and EGA shot arrangement is performed so that clearly from drawing 12, a LSA error (vector  $e$ ) and an EGA error (vector  $a$ ) will become small both enough, and a superposition error (vector  $v$ ) will also become small enough in connection with this (or about 0). therefore, the same conditions (for example, the class of wafer --) as the wafer used for the above-mentioned analysis If mark location detection and an EGA operation are performed under the conditions set up like the

above as long as it is a resist, a class, thickness of a substrate, etc. and that wafer processing conditions are also the same uses a process wafer [ being desirable ] The superposition error in an EGA method can always be set to min thru/or about 0, and it becomes possible to realize highly precise alignment. Moreover, it is desirable to ask for the optimal signal-processing conditions and EGA shot arrangement (further transformation matrices B and C), to match these values with the above-mentioned conditions for every process wafer from which the above-mentioned conditions differ from the above thing, and to store in the storage section 506.

[0062] On the other hand, in drawing 13, since the LSA error (vector e) is not small, even if it performs mark location detection and an EGA operation under the above-mentioned conditions in an actual process wafer, the superposition error more than a predetermined allowed value can remain. Then, a LSA error does not become small, but when it has the inclination which moreover always has a LSA residuum (vector eR), a LSA residuum is added as it is to the measurement result by the LSA system and the LSA arithmetic unit 60 in a process wafer. If it puts in another way, the EGA operation expression (formula 1) computed under the above-mentioned conditions will be updated using the transformation matrices B and C (step 206) determined in case a LSA residuum is computed. That is, it asks for the formula 6 shown below from the above-mentioned formulas 1 and 5.

[0063]

[Equation 6]

$$\begin{pmatrix} D_{x'n'} \\ D_{y'n'} \end{pmatrix} = B \left\{ A \begin{pmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{pmatrix} + O \right\} + C = B \cdot A \begin{pmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{pmatrix} + B \cdot O + C$$

[0064] Consequently, by the EGA operation (formula 6), the array coordinate value on the design of a shot field (point D) is seemingly changed into point DEG', i.e., EGA operation precision can be made to be able to improve and a superposition error (distance of Point MVE and point DEG') can be made small. In addition, it cannot be overemphasized that a formula 6 is completely the same as the case where the transformation matrix in EGA operation expression is computed using the true array coordinate value (MVE<sub>xn</sub>, MVE<sub>yn</sub>) of a shot field and the array coordinate value on a design (D<sub>xn</sub>, D<sub>yn</sub>).

[0065] As above, in this example, in order to perform simulation of a LSA error (vector e) or an EGA error (vector a), although [ two or more signal-processing conditions which the operator specified beforehand, or EGA shot arrangement ] stored in the storage section 506 For example, whenever simulation of a LSA error or an EGA error is performed, an operator (or operation part 505) It opts for the following signal-processing conditions or EGA shot arrangement based on that simulation result, and you may make it set up this determined condition to the LSA arithmetic unit 60 or the EGA arithmetic unit 502. In this case, there is an advantage that the count of the simulation of a LSA error or an EGA error may decrease compared with the above-mentioned example.

[0066] Moreover, in case the simulation of a LSA error (vector e) be perform and a change (step 200) of signal processing conditions be make, some shot fields (for example, shot field locate a core and near a periphery a wafer) be choose, and you may make it display the signal wave form (for example, drawing 8 (C)) for every mark of this selected shot field on a display 64 out of two or more shot fields on a wafer. Thus, it is useful to determining the following signal-processing conditions in the simulation of a LSA error to display a signal wave form, and the effectiveness of becoming possible to reduce the count of simulation more is acquired. In addition, the number of the shot fields on which a signal wave form is displayed may be one.

[0067] When similarly the simulation of an EGA error (vector a) is performed and a change (step 208) of EGA shot arrangement is made, next, out of two or more shot fields (or all shot fields on a wafer) corresponding to the EGA shot arrangement which should perform simulation Some shot fields (or all shot fields are sufficient) are chosen. You may make it display at least one of the LSA error (vector e) in this selected shot field, a LSA residuum (vector eR), and random errors (vector r) on a display 64. If such a display is performed, it will be useful to opting for the next EGA shot arrangement in the simulation of an EGA error, and the effectiveness of becoming possible to reduce the count of simulation more will be acquired.

[0068] moreover, it is made to display on a display 64 the LSA error (vector e) in all the shot fields

on a wafer (or two or more shot fields SA 1 specified beforehand - SA7 -- good) in computing transformation matrices B and C And, for example as compared with the inclination in the whole wafer, the inclination (a direction and magnitude) of Vector e will become possible [ the thing which remove an extremely different (random error r is extremely large if it puts in another way) shot field from the assignment shot used for computing transformation matrices B and C beforehand and for which transformation matrices B and C are computed with a much more sufficient precision ], if it is made to carry out. In addition, about the shot field removed here, if it is made not to specify as an EGA shot also in case EGA shot arrangement is optimized (simulation), it becomes possible to reduce the count of simulation of EGA shot arrangement, the EGA operation precision in a process wafer improves as a result, i.e., in all shot fields, an EGA error (vector a) will become min.

[0069] Furthermore, even if it performs simulation of EGA shot arrangement, when an EGA error (vector a) does not become small, the shot field for example, on a wafer is divided into some blocks, and it supposes that an EGA operation (calculation of transformation matrices A and O) is performed for every block, and it does not matter even if it is made to optimize EGA shot arrangement per block. Moreover, when the scaling error near the periphery of a wafer is extremely large The 1st field of a centering on wafer center circle [ fields / all / on a wafer / shot ] configuration, and the 2nd field of the shape of a circular ring of the outside of the field concerned (For example, field only including the shot field located in the outermost periphery) It divides and may be made to perform optimization of EGA shot arrangement only using the shot field in the 1st field. In addition, if an actual process wafer performs an EGA operation according to the EGA shot arrangement for which it opted under such conditions, since the superposition error in the shot field in the 2nd field can become large, it is desirable that an EGA operation is performed independently or it is made to perform alignment by the die Bayh die or the site Bayh site method about the shot field in the 2nd field with an actual process wafer.

[0070] Furthermore, in the above-mentioned example, when simulation was completed about all the signal-processing conditions and EGA shot arrangement which were beforehand set as the storage section 506, operation part 505 (or operator) chose the optimal conditions based on the simulation result which was matched with the monograph affair and stored in the storage section 506, and had set up this selected condition to the LSA arithmetic unit 60 or the EGA arithmetic unit 502 (steps 204 and 212). However, an operator (or operation part 505) compares the simulation result already stored in the storage section 506 with the simulation result whenever simulation of a LSA error or an EGA error is performed, for example, the simulation result is good, namely, only when the LSA error and the EGA error are small, it may be made to rewrite the storing data (simulation result matched with the above-mentioned conditions) of the storage section 506 (updating). In this case, when simulation is completed about all the signal-processing conditions and EGA shot arrangement which were set as the storage section 506, the optimal conditions are not chosen but \*\* can also set optimum conditions as the LSA arithmetic unit 60 or the EGA arithmetic unit 502 immediately according to the storing data of the storage section 506. Moreover, since it is not necessary to store in the storage section 506 the simulation result in all the signal-processing conditions and EGA shot arrangement which were set as the storage section 506, the advantage that the storage capacity is small and ends is acquired. In addition, even if it performs simulation about all conditions, when neither a LSA error nor an EGA error becomes small, the conditions in the simulation performed at the end will be set to the LSA arithmetic unit 60 or the EGA arithmetic unit 502. Under the present circumstances, as for operation part 505, it is desirable to store the simulation result in the conditions of this last in the storage section 506.

[0071] Moreover, in the flow chart shown in drawing 5 , although he was trying to detect the mark location of all the shot fields on a wafer after termination of step 102 At step 103, mark location measurement (and storing of a data point) is performed, and it may be made to perform mark measurement etc. only about a shot field required for the decision of transformation matrices A and O in parallel to 2nd exposure in step 106 about the remaining shot fields.

[0072] Furthermore, if a stepper body and coater developers (test equipment of further separate installation etc.) are made in-line as indicated by JP,1-179317,A, for example, it cannot be overemphasized that it becomes unnecessary to be able to automate all actuation in the above-mentioned example, and for an operator to intervene. Moreover, it becomes possible by building

such a system to perform optimization of the analysis of the superposition (it took into consideration) error included to the processing conditions (development, etching conditions, etc.) over a wafer, and signal-processing conditions and EGA shot arrangement.

[0073] By the way, although the analysis of the superposition error in the fine alignment of an EGA method was described in the above example, the suitable alignment method for this invention is not restricted to an EGA method (further least square method), and may use what kind of operation technique other than the least square method further that what is necessary is just the method which amends the stepping location of a wafer stage in advance of superposition exposure. In addition, even if it is the global alignment method which amends X of the whole wafer, Y, and a location gap of a hand of cut collectively before exposure, the superposition error is analyzable in the completely same actuation as the above-mentioned example. Moreover, even if it is the method (a die Bayh die or site Bayh site method) which performs alignment for every shot, the superposition error is analyzable by performing the same actuation as the above-mentioned example. However, by the die Bayh die or the site Bayh site method, since Point DEG and Point MAL in the above-mentioned example will be in agreement, only about the error (equivalent to a LSA error) which may be produced at the time of the mark location detection by the alignment sensor, the error concerned can be divided into a linearity component and the remaining components, and can be analyzed.

[0074] Moreover, although the above-mentioned example described the case where a LSA system was used as an alignment sensor, this invention is applicable to the alignment sensor of any methods. That is, even if it is which method of a TTR method, a TTL method, or an off OKUSHISU method and the detection method is a LSA method like the above further, it does not matter even if it is an image-processing method like the FIA system 20. Moreover, a coherent collimated beam may be irradiated from a 2-way to the 1-dimensional diffraction grating formed, for example on the wafer, a 1-dimensional interference fringe may be made on a diffraction grating, and the alignment sensor (it is hereafter called a Laser Interferometric Alignment;LIA system) of the method which carries out photoelectrical detection of the reinforcement of the diffracted light (interference light) generated from a diffraction grating by the exposure of this interference fringe may be used. There are a heterodyne method which gives a fixed delta frequency to a collimated beam from a 2-way, and a homodyne method without a delta frequency as this method. Especially the LIA system of a heterodyne method detects  $2P$  of a grid pitch  $2P$  / less than four location gaps by searching for the phase contrast (less than  $180$  degree) of the photoelectrical signal (optical beat signal) of the interference light from the diffraction grating on a wafer, and the optical beat signal of the interference light for reference separately created from two light transmission beams. In addition, about this detailed configuration, it is indicated by JP,2-227602,A or JP,2-272305,A, for example. Moreover, the differences with the above-mentioned example in the case of using the above alignment sensors are only the signal-processing conditions which can be changed on the occasion of the optimization. Hereafter, with reference to drawing 14 and drawing 15, the signal-processing conditions in each of a FIA system and a LIA system are explained briefly.

[0075] Drawing 14 (A) is the wafer mark WM1 detected by the FIA system 20. A situation is shown and drawing 14 (B) shows the wave of the picture signal then acquired. As shown in drawing 14 (A), the FIA system 20 (non-illustrated image sensor) is the wafer mark WM1. The bar mark of three, and index marks [ FM / FM and / 2 ] 1 An image is electrically scanned along with the scanning line VL. Under the present circumstances, it is good to carry out averaging of the level of the picture signal acquired by two or more horizontal scanning lines included in the video sampling field VSA (alternate long and short dash line) for every horizontal pixel only with the one scanning line, since it is disadvantageous in respect of a S/N ratio. As shown in drawing 14 (B), in a picture signal, they are the index marks [ FM / FM and / 2 ] 1 to both sides. There is a wave part corresponding to each and the FIA arithmetic unit 61 is slice level SL 2 about this wave part. It asks for the center position (location on a pixel) of each mark by processing, and is that center position x0. It is asking. In addition, index marks [ FM / FM and / 2 ] 1 Instead of asking for each center position, it is the index mark FM 1. A right edge and index mark FM 2 By asking for each location of a left edge, it is a center position x0. You may make it ask. On the other hand, as shown in drawing 14 (B) here, the wave on a picture signal serves as a bottom in the location corresponding to the left edge of each bar mark, and a right edge, and the FIA arithmetic unit 61 is slice level SL 1. After performing wave

processing and asking for the center position of each bar mark, averaging of each location is carried out, and it is the wafer mark WM1. Center position  $x_C$  It computes. Furthermore, location  $x_0$  for which it asked previously Mark measurement location  $x_C$  Difference  $\Delta x (=x_0-x_C)$  is computed and it is the wafer mark WM1 in the observation field of the FIA system 20. The value which added the location of the wafer stage 3 when being positioned and the previous difference  $\Delta x$  is outputted as mark positional information.

[0076] Therefore, in the FIA system 20 like the above, there are a waveform analysis algorithm, slice level SL 1 (electrical-potential-difference value), a contrast limit value, processing gate width  $G_x$  (the center position of the width of face  $G_x$  on a pixel and its width of face), etc. as signal-processing conditions which can be changed. Furthermore as a waveform analysis algorithm, it faces in quest of the center position of each bar mark. Wave partial BS1L, BS1R and BS2L corresponding to a left edge and a right edge of a bar mark, There is the mode using the mode only using the mode only using slope BS1outside \*\* L and BS2R, slope BS1in \*\* R, and BS2L, slope BS1outside \*\* L, BS2R and inner slope BS1R, and BS2L among BS2R.

[0077] Next, with reference to drawing 15, the signal-processing conditions in a LIA system (especially heterodyne method) are explained. As shown in drawing 15, it is the 1-dimensional diffraction grating WM2 on a wafer. When it receives and two coherent beams [ BM / BM and / 2 ] (parallel flux of light) 1 of frequency difference  $\Delta f$  carry out incidence with a crossed axes angle ( $2\psi_0$ ), it is a diffraction grating WM2. Upwards, the 1-dimensional interference fringe IF of a pitch P (however, grid pitch 2P) is made. This interference fringe IF is a diffraction grating WM2. Corresponding to  $\Delta f$ , it will move in the pitch direction, and that rate V is expressed with the relational expression which becomes  $V=\Delta f \cdot P$ . consequently, diffraction grating WM2 from -- the diffracted light B1 (-1) as shown in drawing 15, B-2 (+1), and ... occur. In addition, subscripts 1 and 2 are incident beam BM1 and BM2. Expressing correspondence, the figure in a parenthesis expresses the order of diffraction. Usually, by the LIA system, the location gap is detected by searching for the phase contrast of the photoelectrical signal of the primary [ \*\* ] diffracted light B1 (-1) which advances in accordance with an optical axis AX, and the interference light of B-2 (+1), and the photoelectrical signal of the interference light for reference separately created from two light transmission beams. Or zero-order diffracted-light B-2 (0) The amount of location gaps detected from the phase contrast of the photoelectrical signal of an interference light with the -secondary diffracted light B1 (-2), and the photoelectrical signal for reference, Zero-order diffracted light B1 (0) Averaging of the amount of location gaps detected from the phase contrast of the photoelectrical signal of an interference light with -secondary diffracted-light B-2 (+2) and the photoelectrical signal for reference is carried out, and you may make it calculate the amount of location gaps.

[0078] Therefore, the signal-processing conditions which can be changed by the LIA system like the above are only the selections of an interference light (degree of the diffracted light) which should be carried out photoelectrical detection. Namely, the 1st mode in which the primary [ \*\* ] diffracted light B1 (-1) and B-2 (+1) are used by the LIA system, zero-order diffracted-light B-2 (0) The -secondary diffracted light B1 (-2) and the zero-order diffracted light B1 (0) The reinforcement of the interference light in the 1st mode and the 2nd mode is measured further the 2nd mode. -secondary diffracted-light B-2 (+2) is used -- There is the 3rd mode in which that value on the strength chooses and uses the larger one, these three modes will be changed on the occasion of optimization of a LIA system, and simulation will be performed.

[0079] Moreover, although the vernier for viewing ( drawing 4 ) was used in this example in order to calculate a true array coordinate value (MVE<sub>xn</sub>, MVE<sub>yn</sub>) for example, 2 sets of pattern groups (RX1a, RX1b), i.e., a primary scale pattern, as shown in drawing 16 -- and (RY1a, RY1b) and a vernier pattern (RX2a, RX2b) -- and (RY2a, RY2b), if it uses It cannot be based on viewing, but automatic meter reading of both amount of location gaps ( $\Delta V_x$ ,  $\Delta V_y$ ) can be carried out in the test equipment (further a stepper's alignment sensor) of separate installation, and, moreover, measurement precision can also be raised. Since it is indicated by JP,2-31142,A about the measurement technique using this kind of pattern, for example, explanation is omitted here. in addition, the thing for which the distance  $L_y$  of the part (slash section) which signs that the vernier pattern was piled up to the primary scale pattern in drawing 16 are indicated to be by the dotted line,

for example, amount of location gaps  $\Delta V_x$  of the direction of X intersected is measured --  $\Delta V_x = (LY - L_y)/2$  and  $\tan(\alpha/2)$  -- it is computed from relational expression. Here, LY is distance (design value) when superposition is performed correctly, without a primary scale pattern and a vernier pattern carrying out a location gap in the direction of X. Moreover, if only predetermined spacing (design value) is detached and both are imprinted on a wafer using the diffraction-grating mark Mx as also showed \*\* in drawing 8 (A) as [ both ] a primary scale pattern and a vernier pattern not using the pattern group shown in drawing 16, it will become possible by measuring both spacing and searching for a difference with a design value to carry out automatic meter reading of the amount of location gaps like the above.

[0080] Moreover, although the above-mentioned example explained only optimization of the signal-processing conditions in a LSA system For example, the FIA system and the LIA system also optimize the signal-processing condition about the same process wafer. The alignment sensor by which the error equivalent to the vector e in the above-mentioned example becomes the smallest is chosen, and if this alignment sensor is matched with the class of process wafer and stored in the storage section 506, it will become possible to raise superposition precision further. Moreover, at the above-mentioned example, it is the primary scale pattern RP 1. Vernier pattern RP 2 When it forms on the same reticle and only predetermined distance moves a reticle, superposition exposure is performed, but though natural, after forming the two above-mentioned patterns in a separate reticle and performing reticle exchange, it may be made to perform superposition exposure. Furthermore, primary scale pattern RP 1 Vernier pattern RP 2 It does not matter whether it forms in a test reticle or makes it form in a part of device reticle (for example, if it to be in a multi-die reticle inside of a street line equivalent field).

[0081] Furthermore, when exposure was completed, although [ the above-mentioned example ] development of a wafer and etching processing are performed and various measurement (for example, vernier measurement, mark location measurement, etc.) is performed using the pattern formed in the substrate layer on a wafer For example, it may be made to perform various measurement using the image (latent image) of the mark formed by performing double exposure to a resist layer, or a vernier, or the resist image of the mark formed by performing only a development to the wafer, or a vernier. When using a resist image to 2nd exposure being performed after an alignment sensor detects the mark image (latent image) formed of 1st exposure when using a latent image here, when 1st exposure and 2nd exposure are completed, a development will be performed, and various formation will be performed using the resist image formed as a result. That is, when using a resist image, it may happen that the resist image of a mark is not formed even if the mark image formed in the resist layer is exposed also in 2nd exposure by 1st exposure and it performs a development. Then, in performing 2nd exposure in such a case, it is necessary to form protection-from-light layers (chromium etc.) in the subregion of the reticle corresponding to the mark image beforehand formed by 1st exposure, or to drive the adjustable blind arranged in the reticle in an illumination-light study system, and a field [ \*\*\*\* / almost ], and to shade the field concerned of a reticle so that the mark image of a resist layer may not be exposed.

[0082] In the above example, by performing vernier measurement (step 107), it asked for the true coordinate location MVE of 1st shot field, and the superposition error (vector v) was divided into the LSA error (vector e) and the EGA error (vector a), and was analyzed by this. Here, when not performing vernier measurement, the point MVE shown in drawing 9 will be in agreement with Point MAL. However, if simulation is performed about the signal-processing conditions like the above such even case, Point MVE and Point MAL can approach and can know the inclination of change of a LSA error (vector e) according to the above-mentioned conditions. Therefore, even if it does not necessarily need a vernier in this invention and does not perform vernier measurement, it is possible to optimize signal-processing conditions.

[0083] Moreover, although the case where the alignment equipment by this invention was applied to a stepper was described, a laser beam is irradiated at a part of component on aligners other than a stepper (an X-ray aligner, electron beam machine equipped with two or more division masks, etc.), the equipment which conducts sequential inspection by the step-and-repeat method, or a wafer, and even if it applies to the equipment which repairs a defective component, the same effectiveness as this example can be acquired.

[0084]

[Effect of the Invention] By this invention, it is analyzable what kind of improvement the multi-statement of the arrangement conditions for choosing at least two exposure fields chosen with an exposure location calculation means is carried out on different conditions, and two or more of these arrangement conditions bring about on alignment precision as mentioned above. Therefore, it becomes possible by optimizing the arrangement conditions of an exposure field to raise alignment precision further.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing an example of the rough configuration of the control system of the contraction projection mold aligner equipped with the alignment equipment of this invention.

[Drawing 2] The perspective view showing the rough configuration of the contraction projection mold aligner equipped with the alignment equipment of this invention.

[Drawing 3] The perspective view showing the rough configuration of the illumination-light study system of the contraction projection mold aligner shown in drawing 2 .

[Drawing 4] The top view showing an example of the configuration of the primary scale pattern formed in a reticle, and a vernier pattern.

[Drawing 5] The rough flow chart Fig. showing an example of analysis actuation of the superposition error in the example of this invention.

[Drawing 6] The top view showing the situation of two or more shot fields formed on a wafer.

[Drawing 7] Drawing with which explanation of an EGA operation is presented.

[Drawing 8] Drawing explaining the situation of the mark location measurement by the LSA system.

[Drawing 9] Drawing explaining the situation of the analysis result of the superposition error by the example of this invention.

[Drawing 10] The rough flow chart Fig. showing an example of the actuation for making the superposition error in the example of this invention into min.

[Drawing 11] Drawing explaining the situation of the analysis result of the LSA error by the example of this invention.

[Drawing 12] Drawing explaining the situation of the superposition error when optimizing EGA shot arrangement by the signal-processing conditions and statistics operation at the time of mark location detection in the example of this invention.

[Drawing 13] Drawing explaining the situation of a superposition error in case a LSA error remains greatly in the example of this invention.

[Drawing 14] Drawing explaining the situation of the mark location measurement by the FIA system.

[Drawing 15] Drawing explaining the situation of the mark location detection by the LIA system.

[Drawing 16] Drawing showing another example of the primary scale pattern formed in a reticle, and a vernier pattern.

[Drawing 17] Drawing with which explanation of the conventional technique is presented.

[Description of Notations]

3 -- Wafer Stage

9 10 -- Interferometer

60 -- LSA Arithmetic Unit

61 -- FIA Arithmetic Unit

62 -- Signal Data Storage Section

63 -- Input Unit

64 -- Display

501 -- Alignment Data Storage Section

502 -- EGA Arithmetic Unit  
503 -- Exposure Shot Map Data Division  
504 -- Sequence Controller  
505 -- Operation Part  
506 -- Storage Section  
W -- Wafer

---

[Translation done.]

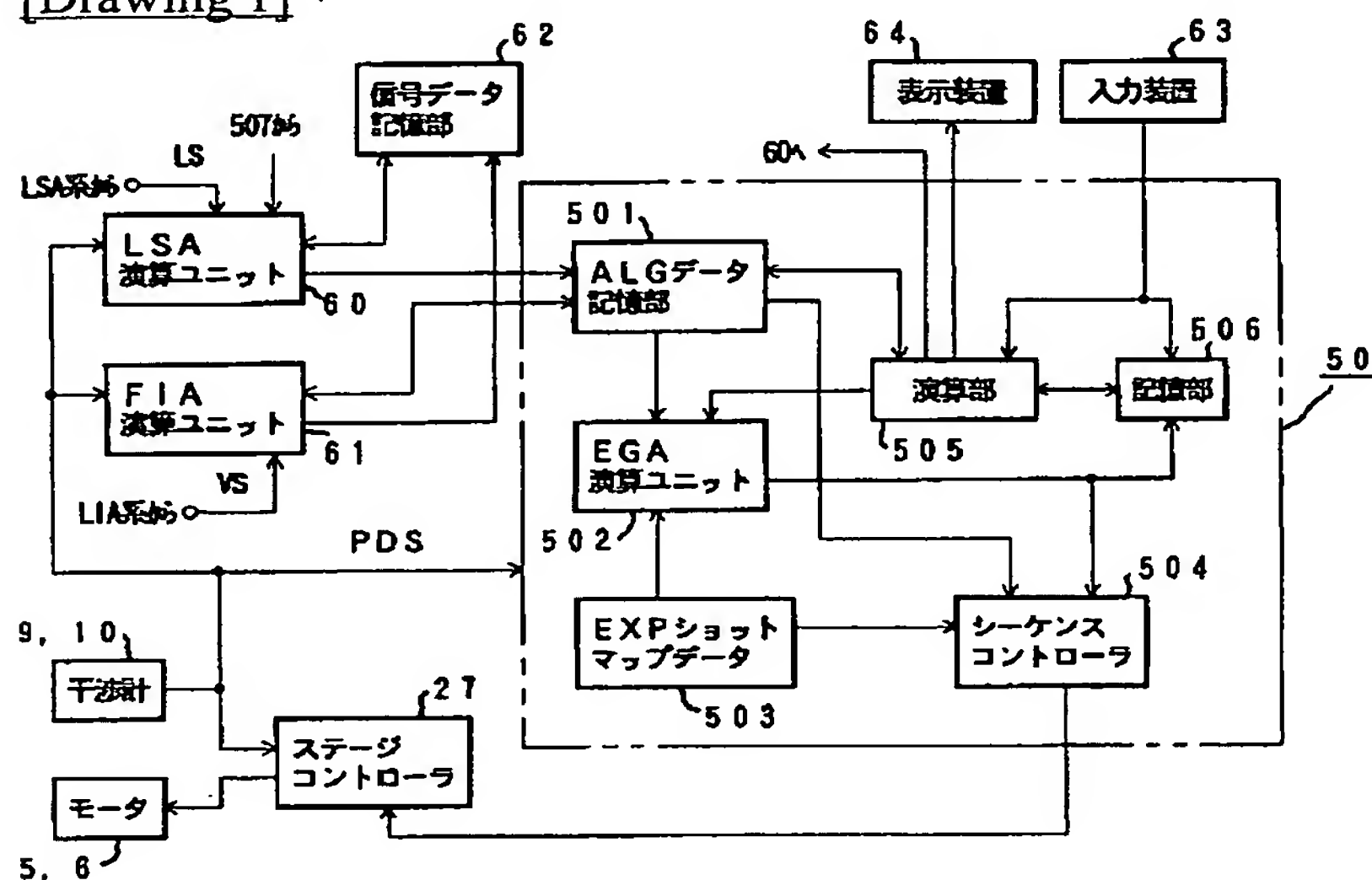
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

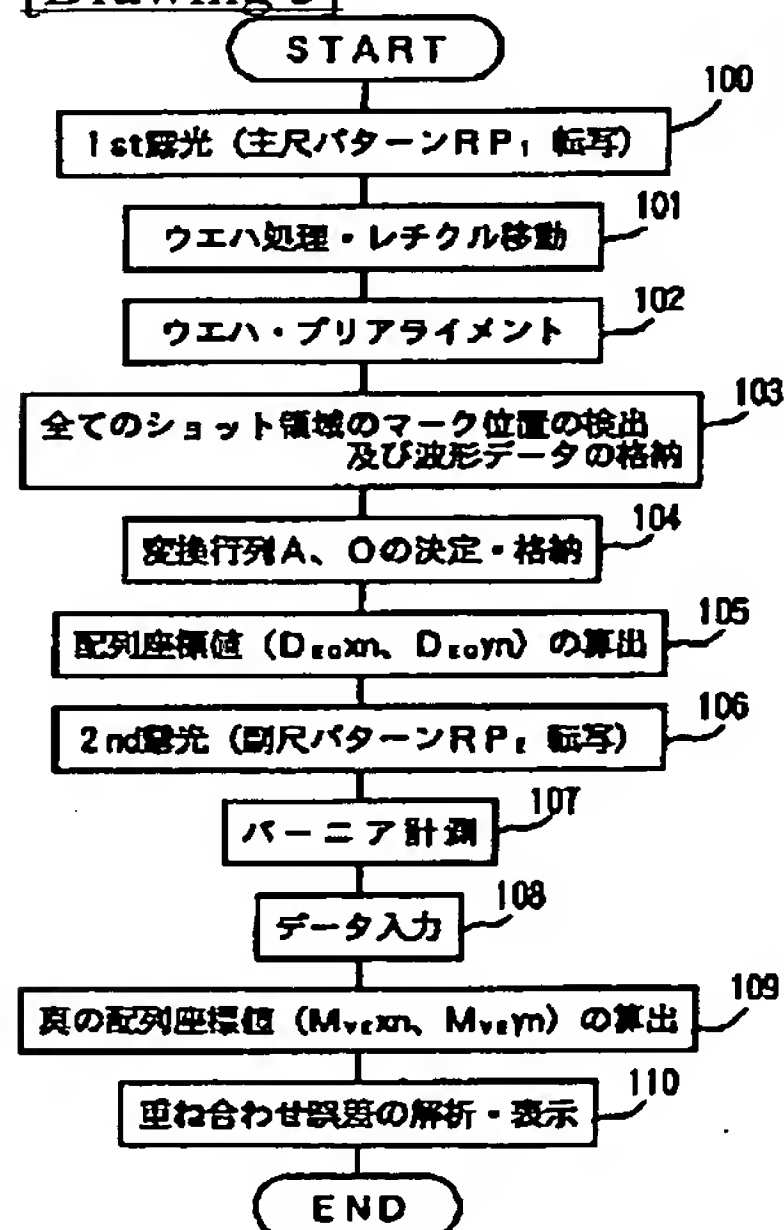
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

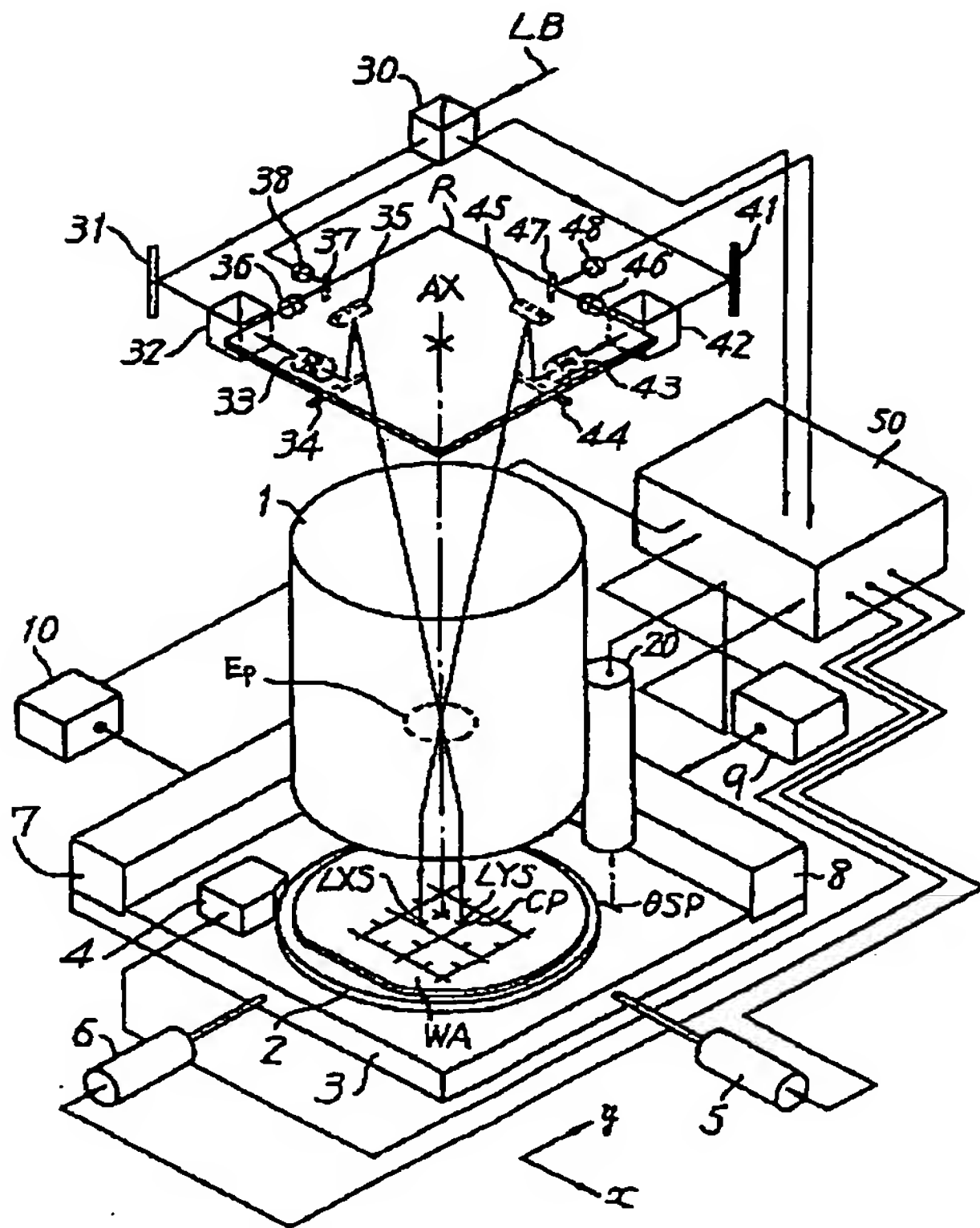
[Drawing 1]



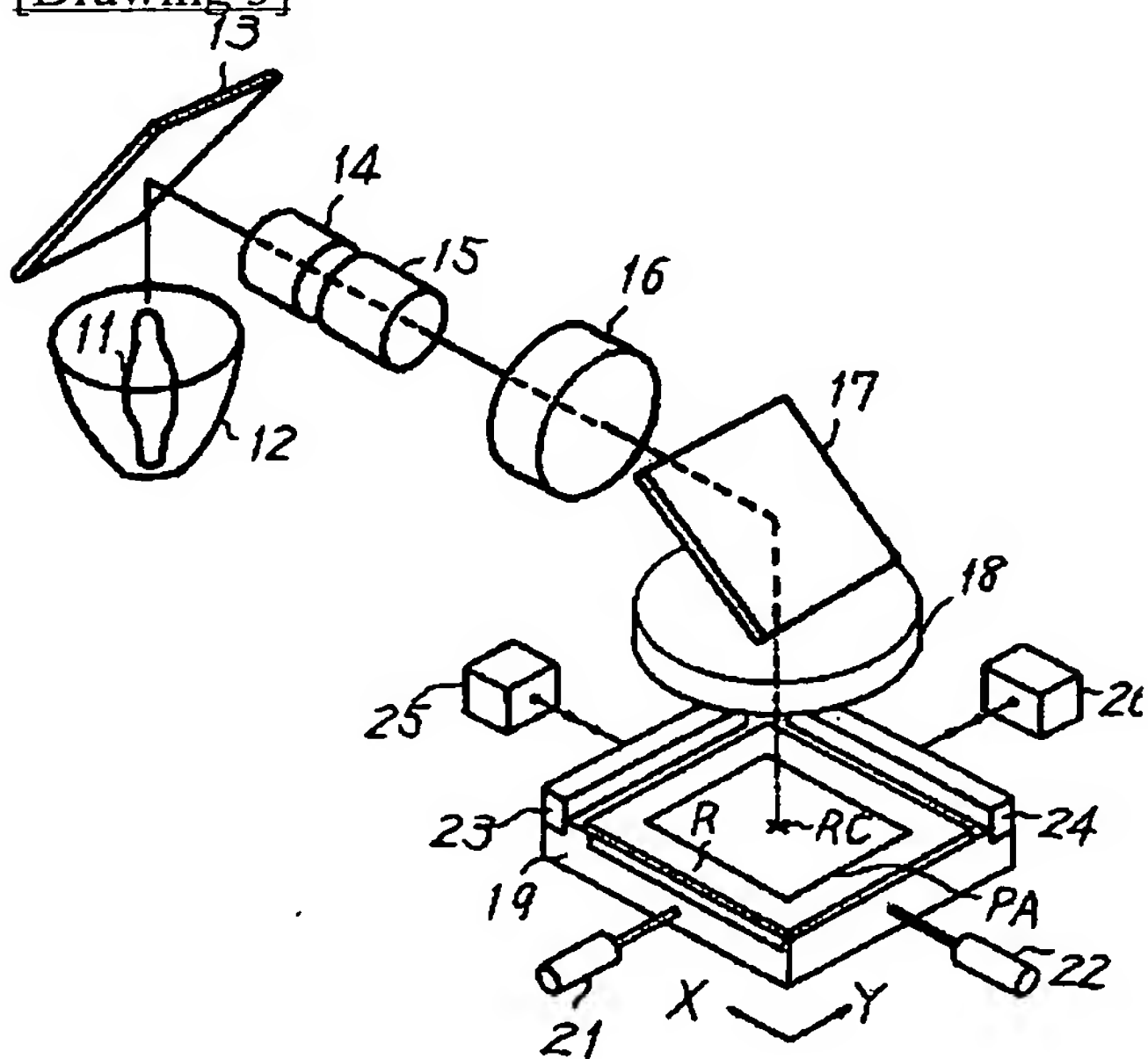
[Drawing 5]



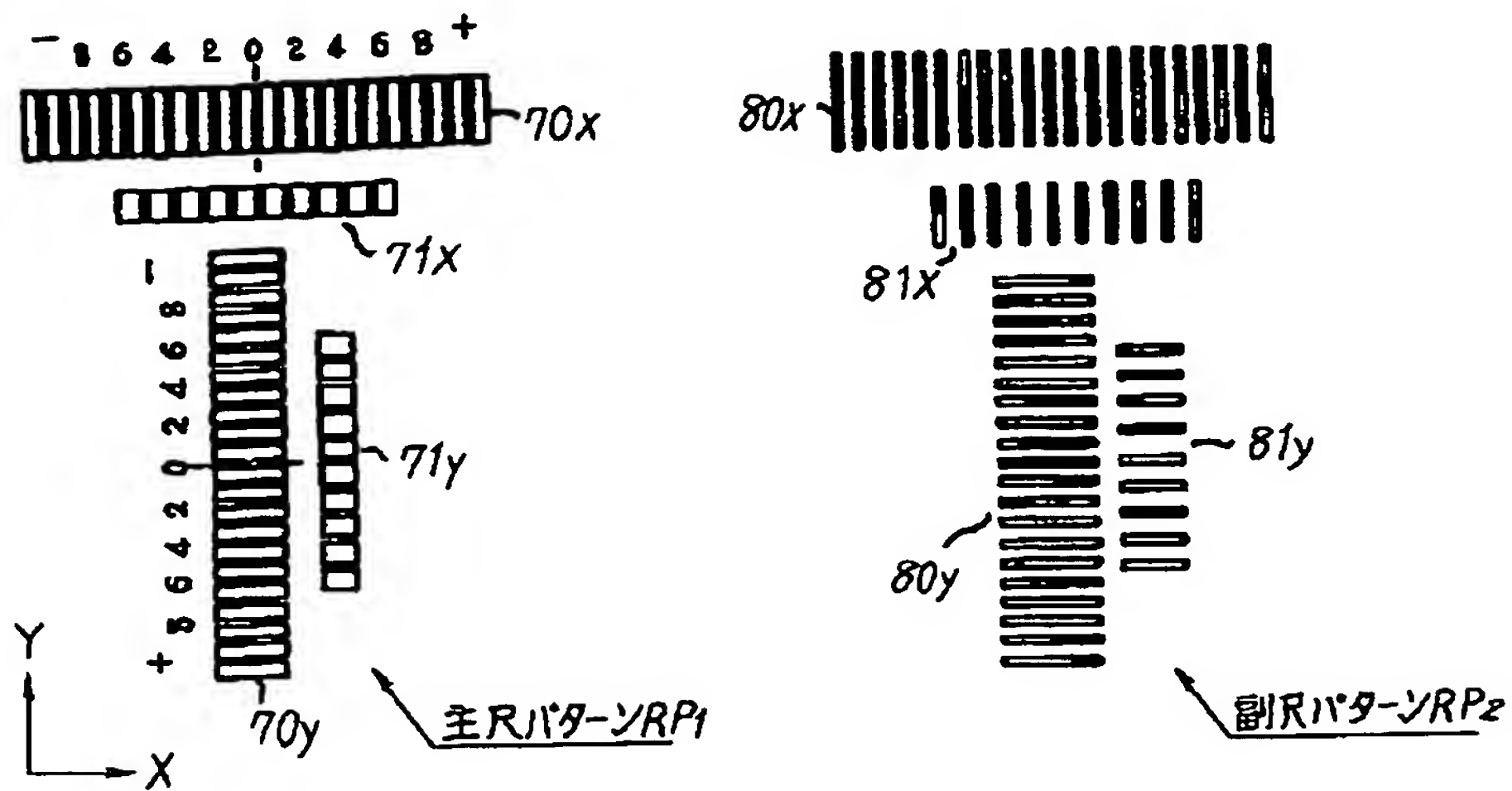
[Drawing 2]



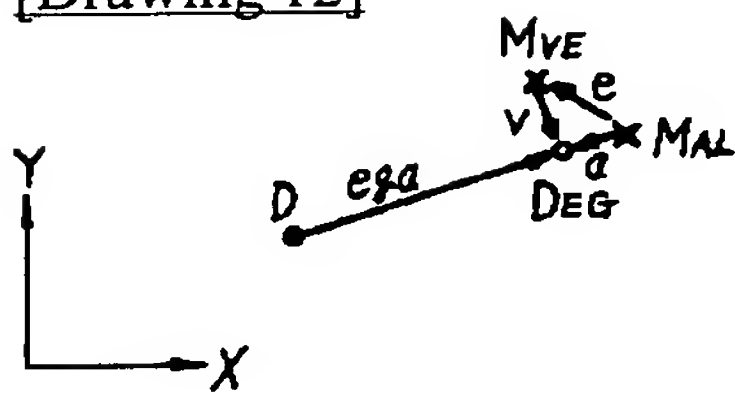
[Drawing 3]



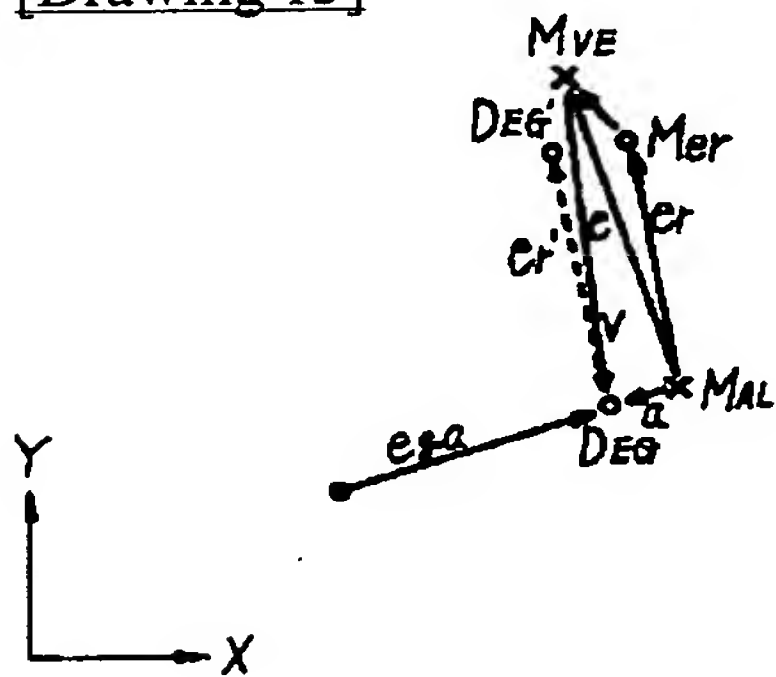
[Drawing 4]



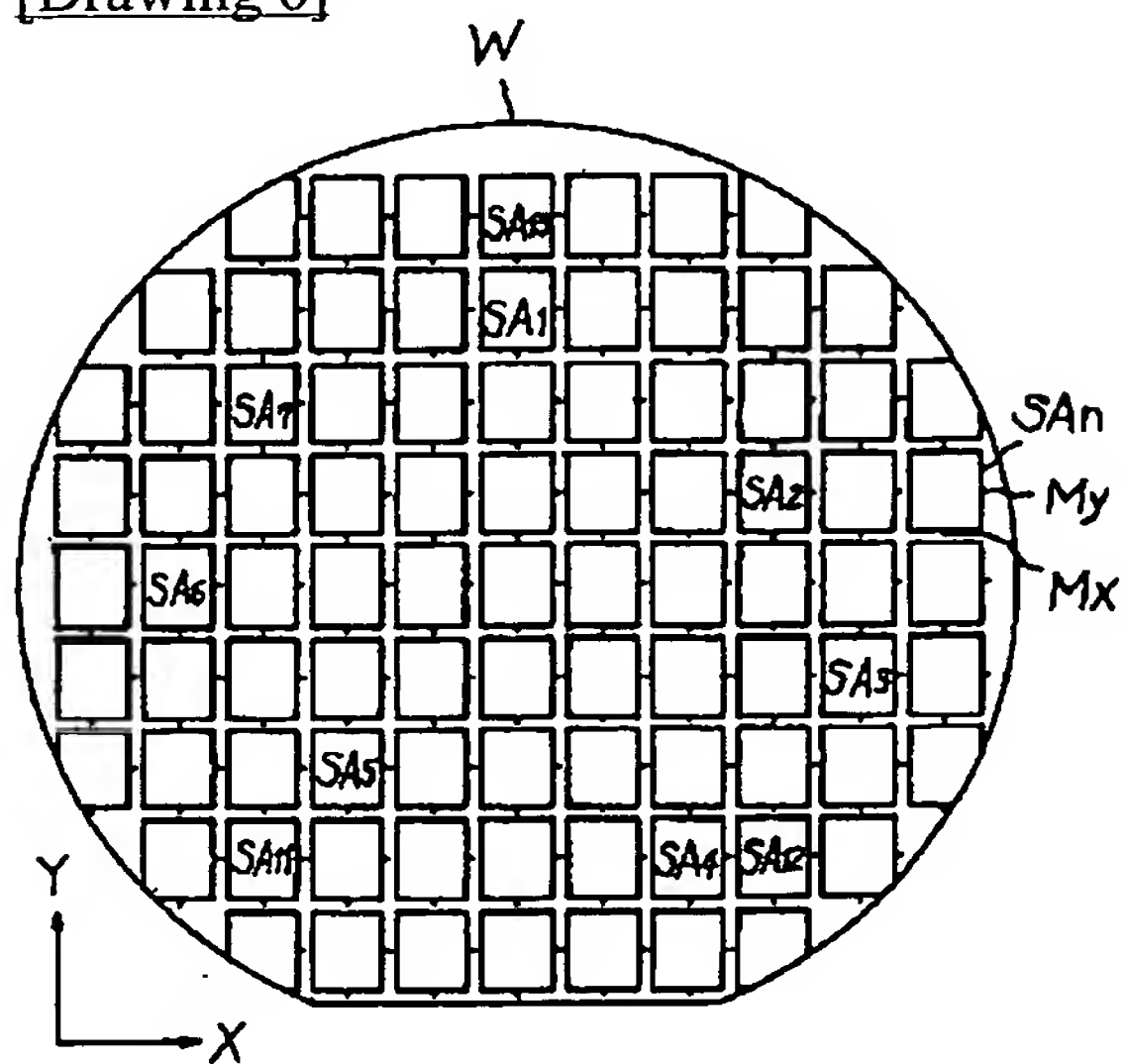
[Drawing 12]



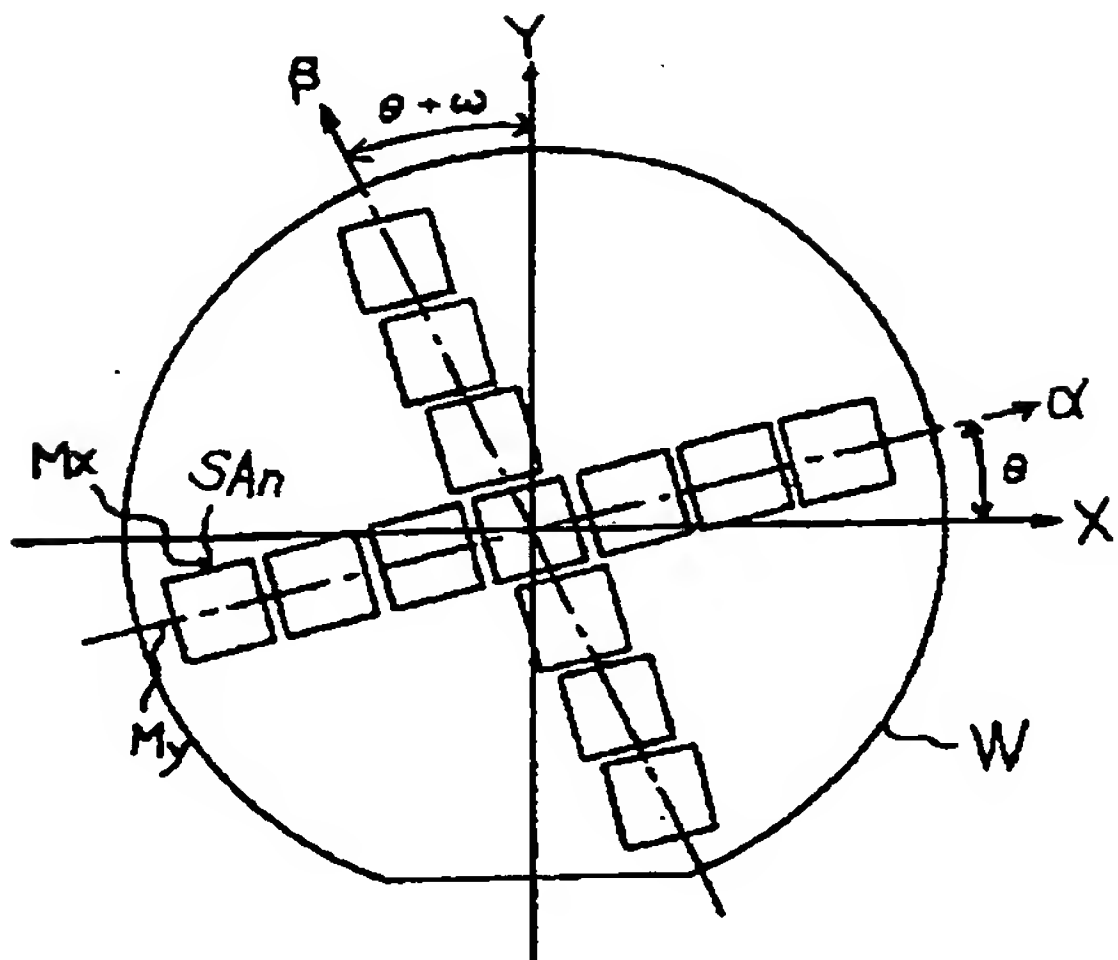
[Drawing 13]



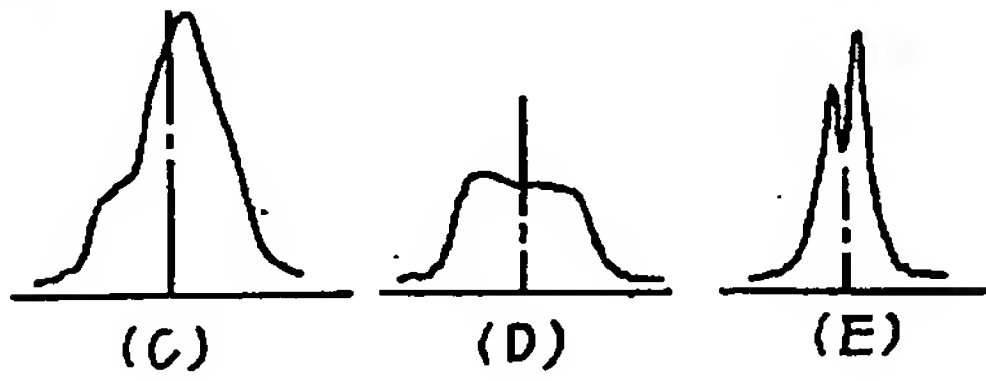
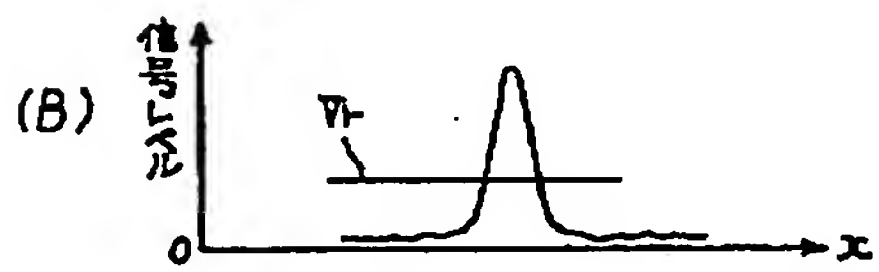
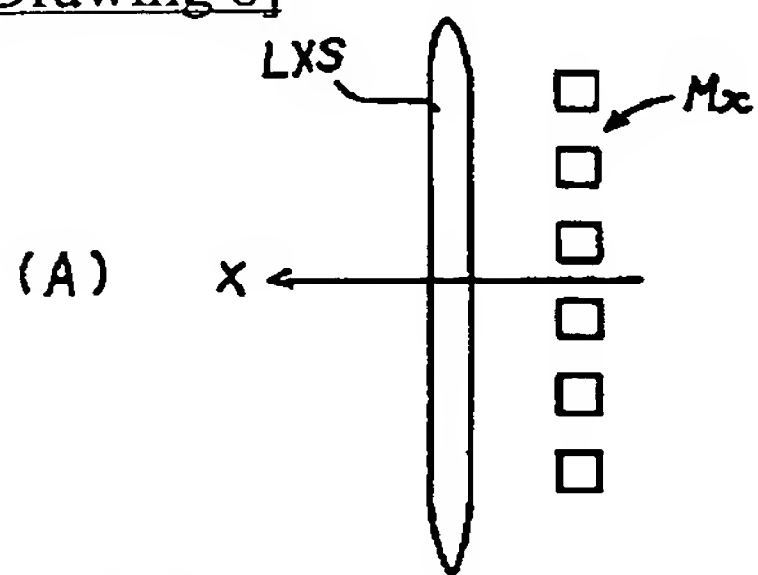
[Drawing 6]



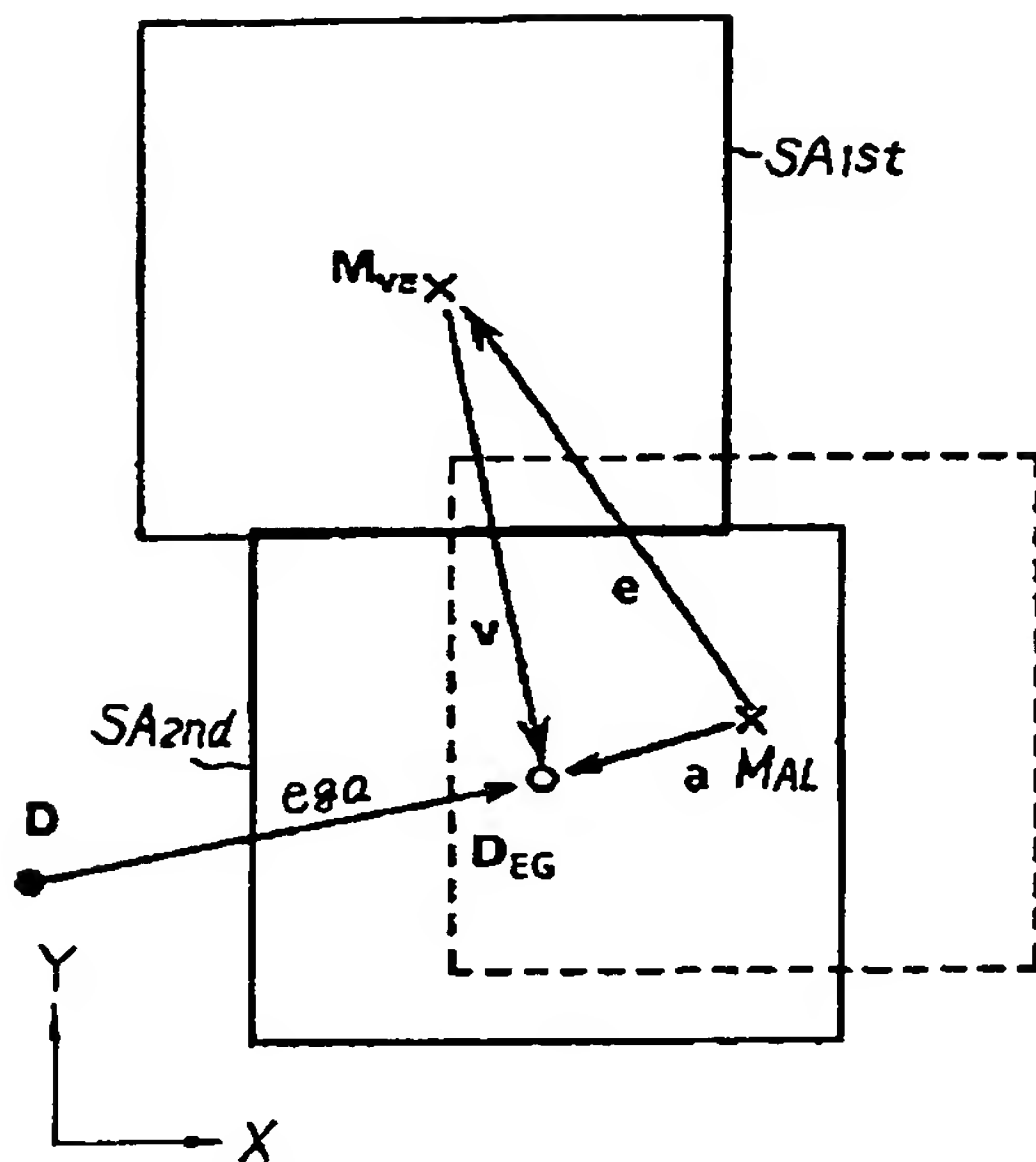
[Drawing 7]



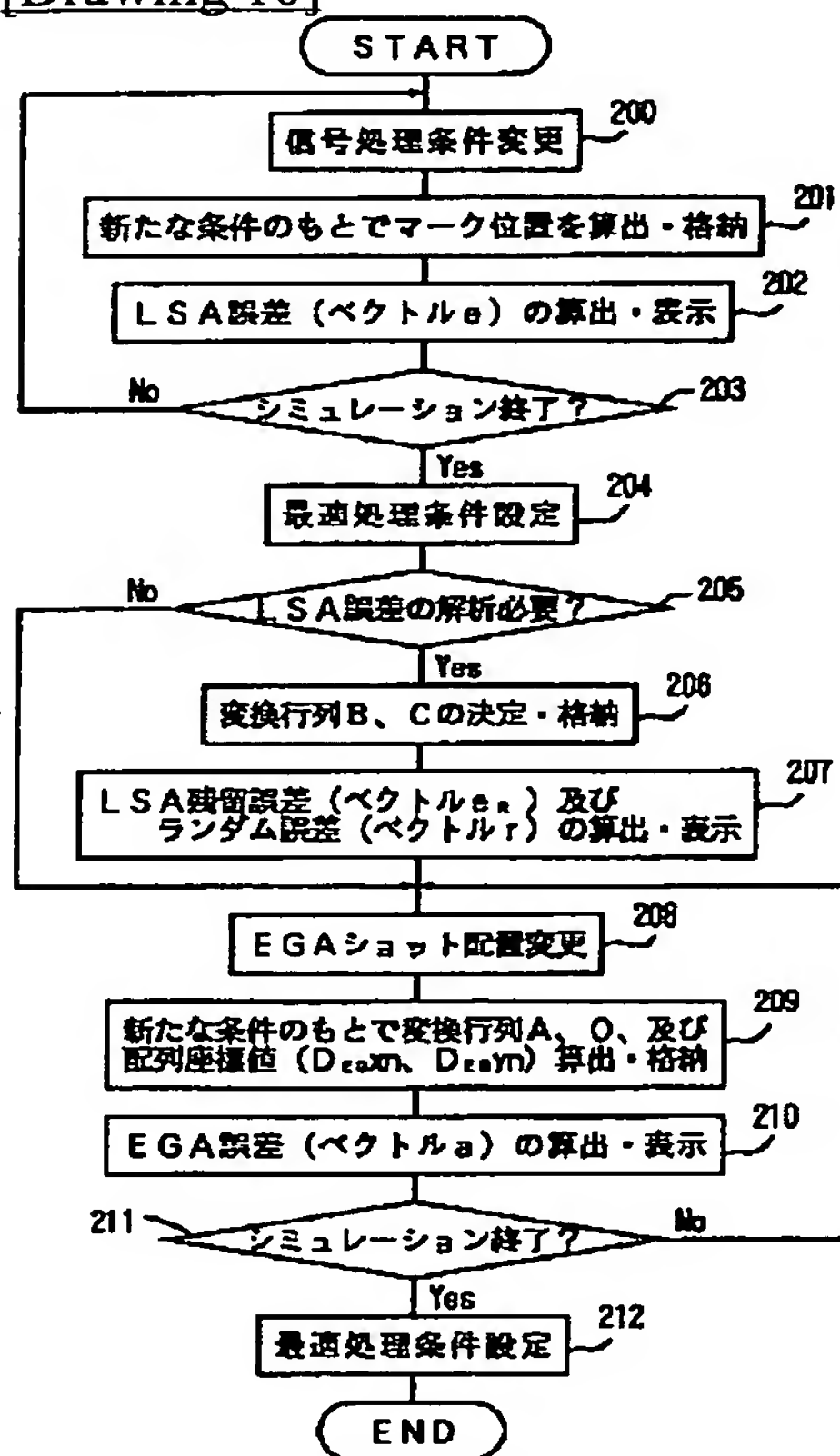
[Drawing 8]



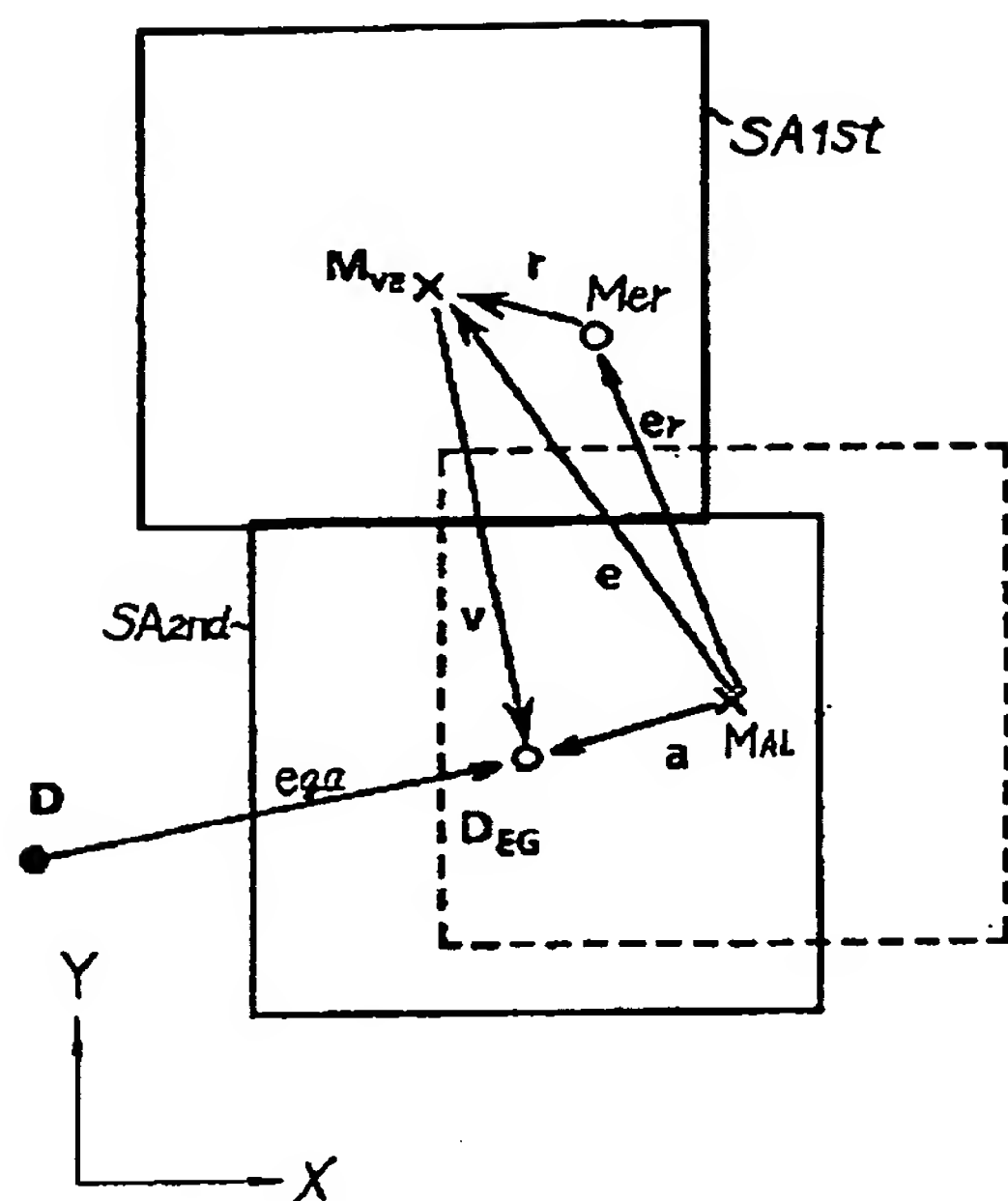
[Drawing 9]



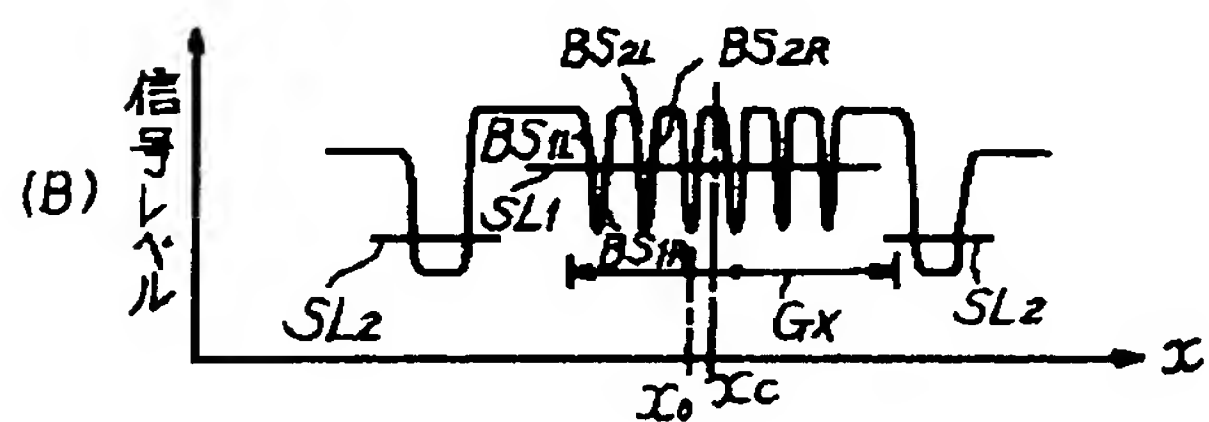
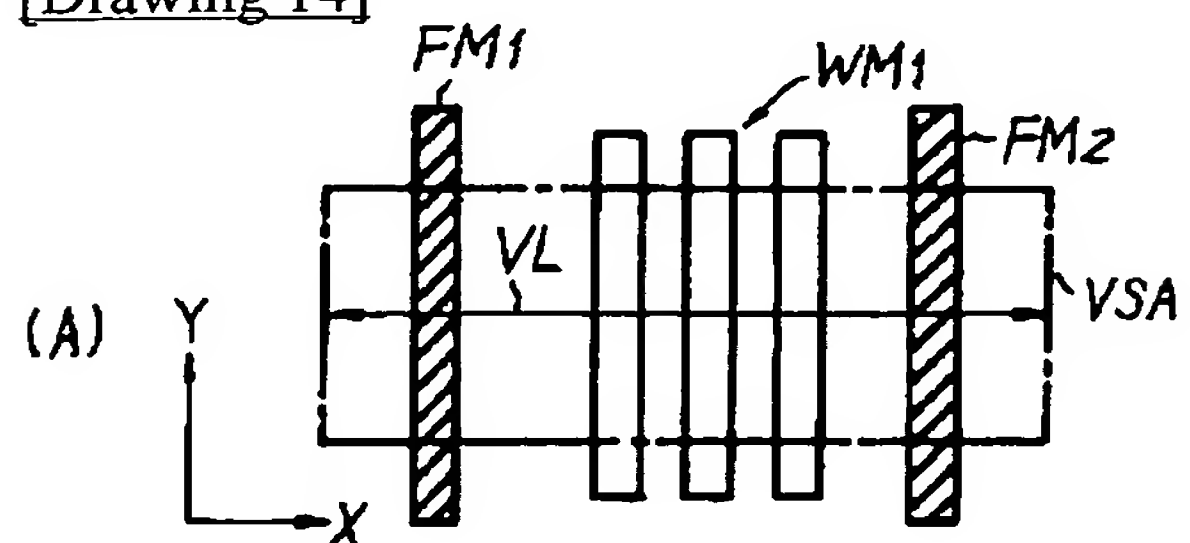
[Drawing 10]



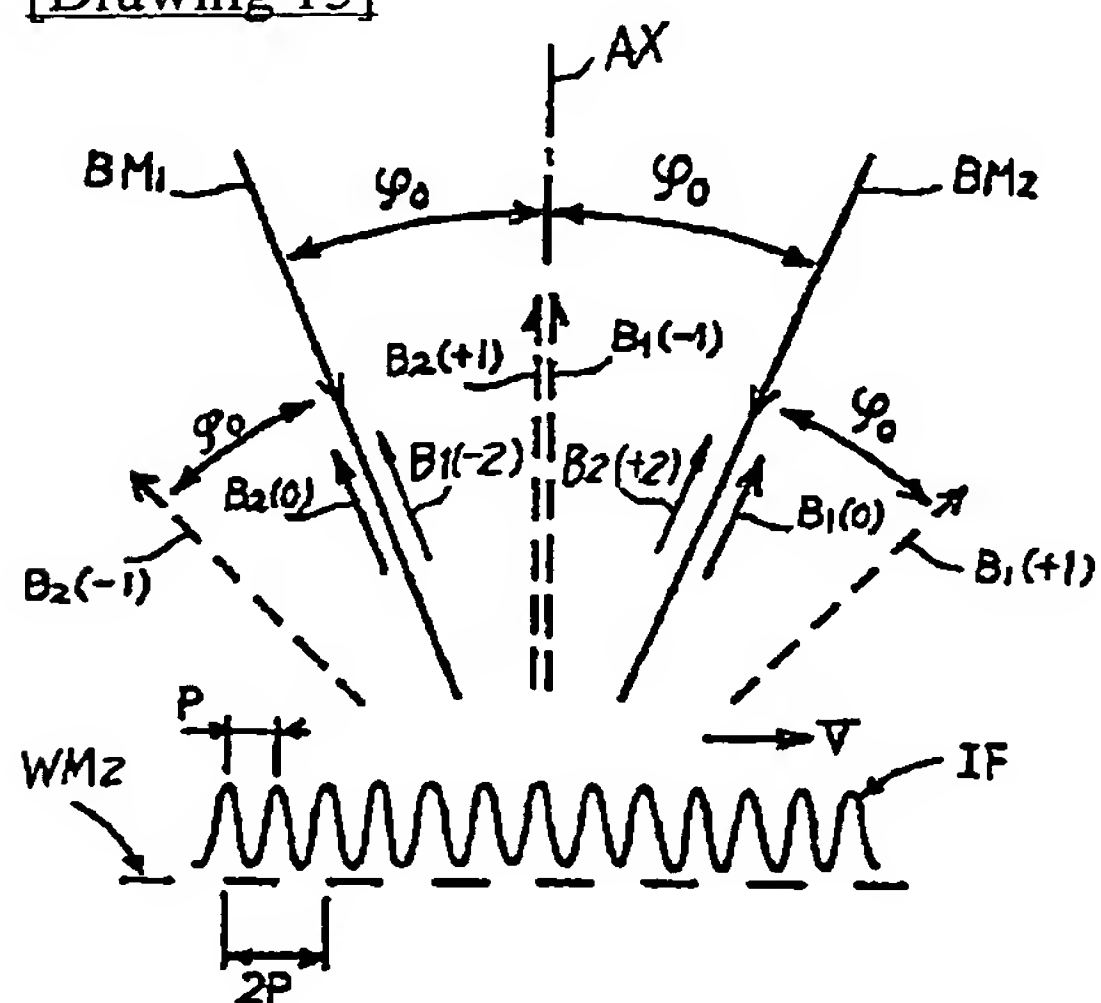
[Drawing 11]



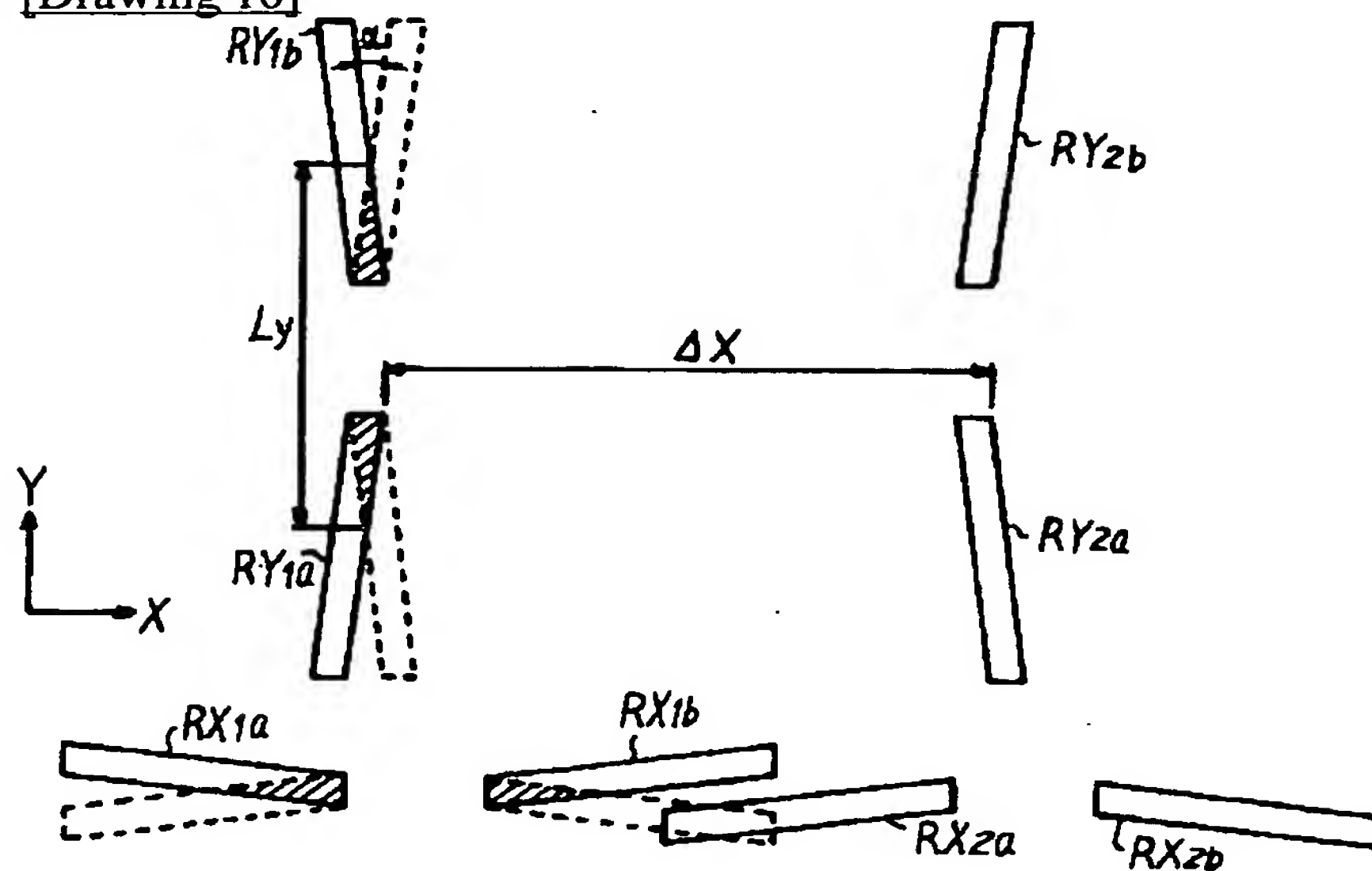
[Drawing 14]



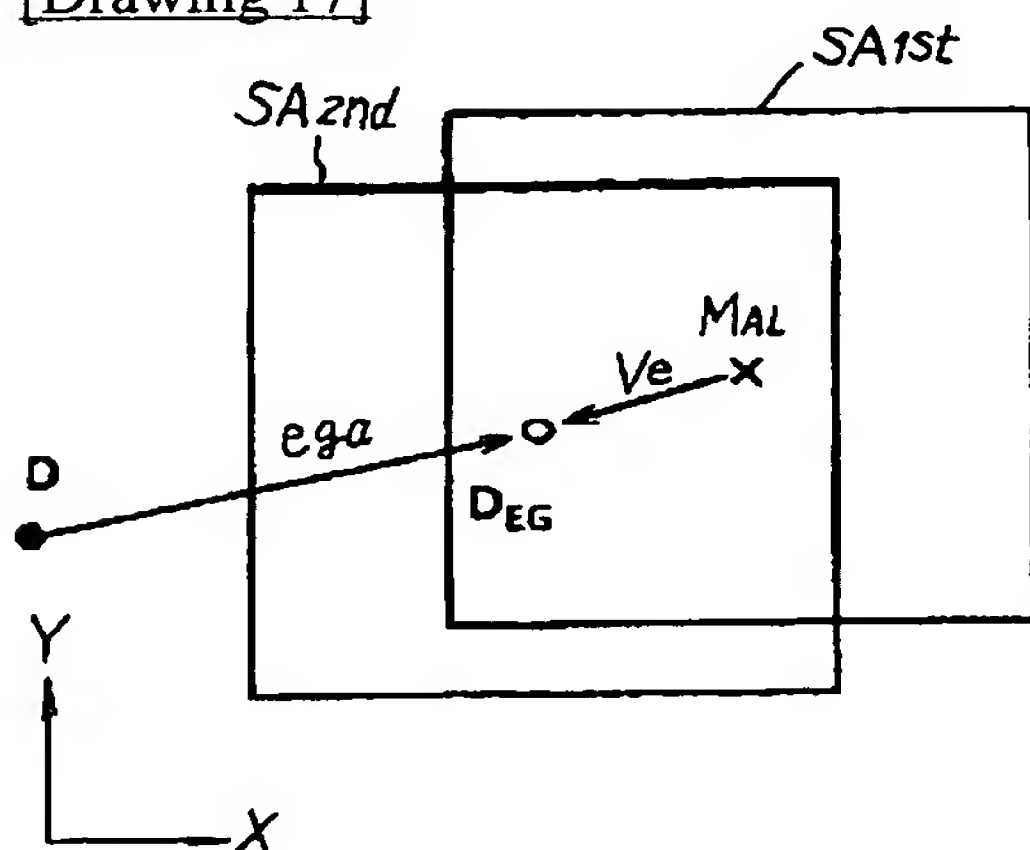
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-237451

(P2002-237451A)

(43)公開日 平成14年8月23日(2002.8.23)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト\*(参考)

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/22

H 5 F 0 4 6

G 0 3 F 7/22

9/00

H

9/00

H 0 1 L 21/30

5 2 5 B

5 2 5 W

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21)出願番号

特願2001-381134(P2001-381134)

(62)分割の表示

特願平3-94463の分割

(22)出願日

平成3年4月24日(1991.4.24)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 登坂 道子

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式  
会社ニコン大井製作所内

Fターム(参考) 5F046 BA04 EA03 EA09 EB01 EB02

EB05 ED02 FA03 FA10 FA16

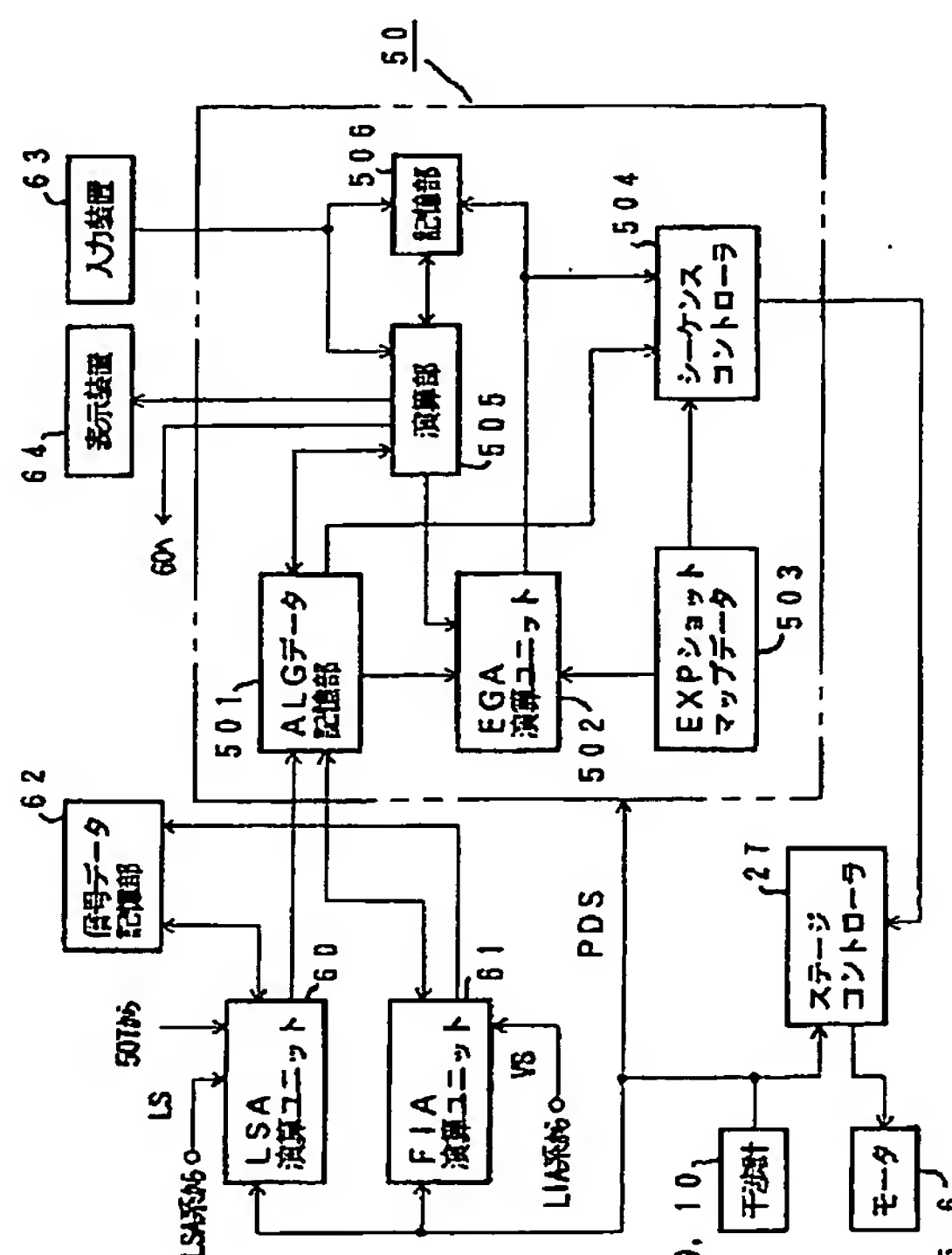
FC04 FC06 FC08

(54)【発明の名称】 位置合わせ装置及び位置合わせ方法

(57)【要約】

【課題】重ね合わせ誤差の発生要因を解析でき、さらには重ね合わせ精度を向上させることができる位置合わせ装置及び位置合わせ方法を提供する。

【解決手段】基板上における複数の露光領域の中から少なくとも2つの露光領域を選択するための配置条件を複数設定する。そして、設定された複数の配置条件のそれぞれのもとで選択した少なくとも2つの露光領域に関する位置合わせ用マークの位置を使用して、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を算出する。この算出された露光位置に基づいて、複数の配置条件の中から、最適な配置条件を決定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板上における複数の露光領域のうち、少なくとも 2 つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づいて、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を算出する露光位置算出手段を備える位置合わせ装置において、

前記複数の露光領域の中から少なくとも 2 つの露光領域を選択するための配置条件を複数設定し、該配置条件のもとで選択した少なくとも 2 つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づき、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を、設定された複数の配置条件毎に演算する演算手段と、

前記複数の配置条件毎に演算された前記露光位置に基づいて、前記複数の配置条件の中から、前記露光位置算出手段における前記露光位置の算出誤差が小さくなる配置条件を決定する決定手段とを有することを特徴とする位置合わせ装置。

【請求項 2】前記複数の露光領域に関するそれぞれの位置合せ用マークの位置を予め検出するマーク検出手段と、

前記マーク検出手段で検出された前記位置合せ用マークの位置を記憶する記憶手段とを有し、

前記演算手段は、前記記憶手段に記憶された前記位置合せ用マークの位置を用いて、前記複数の配置条件毎に、前記複数の露光領域に関する露光位置をそれぞれ演算することを特徴とする請求項 1 に記載の位置合わせ装置。

【請求項 3】前記複数の配置条件は、選択する前記露光領域の数がそれぞれ異なることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の位置合わせ装置。

【請求項 4】前記複数の配置条件は、選択する前記露光領域の位置がそれぞれ異なることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の位置合わせ装置。

【請求項 5】基板上における複数の露光領域のうち、少なくとも 2 つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づいて、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を算出し、算出された各露光位置に基づいて、前記基板を位置合わせする位置合わせ方法において、前記複数の露光領域の中から少なくとも 2 つの露光領域を選択するための配置条件を複数設定し、設定された複数の配置条件毎に、かつ該配置条件のもとで選択した少なくとも 2 つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づき、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を演算し、前記複数の配置条件毎に演算された前記露光位置に基づいて、前記複数の配置条件の中から、前記位置合わせに関する誤差成分が小さくなる配置条件を決定することを特徴とする位置合わせ方法。

【請求項 6】前記複数の配置条件は、選択する前記露光領域の位置が異なることを特徴とする請求項 5 に記載の位置合わせ方法。

【請求項 7】前記複数の配置条件は、選択する前記露光領域の数が異なることを特徴とする請求項 5 に記載の位置合わせ方法。

【請求項 8】請求項 1 から請求項 4 に記載の位置合わせ装置を備える露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、複数の被加工領域が X、Y 方向に規則的に整列して形成された基板と所定の基準点との相対的な位置合わせを行う装置及び方法に関し、特に半導体素子や液晶表示素子製造用の露光装置に好適なマスクまたはレチクルと感光性基板（半導体ウエハ、液晶用プレート等）との位置合わせ装置及び位置合わせ方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子製造のリソグラフィ工程では、レチクルパターンを高分解能でウエハ上に転写する装置として、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置（ステッパー）が多用されるようになっている。この種のステッパーでは半導体素子の高集積化に伴って、露光光の短波長化や高開口数（N. A.）の投影レンズの開発が行われ、最近ではウエハ上での解像線幅がサブ・ミクロン（0.5  $\mu\text{m}$  程度）に達している。このような高解像パターンを転写するには、その解像力に見合ったアライメント（重ね合わせ）精度が必要となっている。

【0003】現在、ステッパーのアライメント方式は、例えば特開昭 61-44429 号公報、または特開昭 62-84516 号公報に開示されているように、拡張されたウエハ・グローバル・アライメント（以下、エンハンスメント・グローバル・アライメント：EGA と呼ぶ）が主流となっている。EGA 方式とは、1 枚のウエハに対して重ね合わせ露光を行うのに先立ち、ウエハ上に形成された複数のショット領域のうち、例えばウエハの中心及びその外周付近に位置する 7 つのショット領域を指定し、各ショット領域に付随した 2 組（X、Y 方向）の位置合わせ用のマークの位置をアライメントセンサーにて計測（サンプルアライメント）する。しかる後、これらマークの位置計測値と設計値とに基づいて、ウエハ上のショット領域の配列特性に関する誤差パラメータ、すなわちウエハ中心位置のオフセット（X、Y 方向）、ウエハの伸縮度（X、Y 方向）、ウエハの残存回転量、及びウエハステージの直交度（またはショット配列の直交度）の計 6 つのパラメータを統計的手法（最小二乗法等）により決定する。そして、この決定されたパラメータの値に基づいて、ウエハ上の全てのショット領域に対してその設計上の座標値を補正し、この補正された座標値にウエハが位置するように、順次ウエハステージをステップングさせていく方式である。

【0004】この EGA 方式の利点は、①ウエハ露光に

先立ってウエハ上の全ショット数と比べてわずかな数（３～１６個程度）のマークの位置を計測した後はマーク位置計測を必要としないため、スループットの向上が望めること、②従来のグローバルアライメント法と異なり、ショット領域の配列特性を高精度に認識するため、サンプルアライメントを行わなかった他のショット領域に対しても極めてアライメント精度が良く、さらに十分な数のショット領域に対してサンプルアライメントを行うと、個々のマーク検出誤差が統計的な演算のもとで平均化されることになり、１ショット毎のアライメント（ダイ・バイ・ダイまたはサイト・バイ・サイト方式）と同等、もしくはそれ以上のアライメント精度が、ウエハ全面の全てのショット領域に対して望めることである。

【０００５】ここで、図１７を参照してEGA方式による重ね合わせ露光の動作を簡単に説明する。図１７において、点Dはウエハ上に形成すべきショット領域の設計上のファースト（１st）露光位置、点MALは実際にウエハ上に形成されたショット領域SA1stの１st露光位置（計測値）、点DEGはEGA演算によって算出された計算上のセカンド（２nd）露光位置を表している。ショット領域SA1stに対する重ね合わせ露光を行うにあたっては、まずEGA演算（上記変換行列）によって設計上の２nd露光位置（すなわち１st露光位置D）を変換（補正）して２nd露光位置DEGを求める（図中ではベクトル $e_g a$ にて表している）。しかる後、ウエハステージを２nd露光位置DEGまでステップングさせて露光を行うと、レチクルパターンの投影像がショット領域SA1stに重ね合わされて転写され、ウエハ上にショット領域SA2ndとして形成されることになる。尚、図１７中ではアライメントセンサーによって計測されたショット領域SA1stの１st露光位置MALと、実際にウエハ上に形成されたショット領域SA2ndの２nd露光位置DEG（計算値）とのずれ（すなわち重ね合わせ誤差）をベクトル $V_e$ で誇張して表している。通常、この重ね合わせ誤差（ベクトル $V_e$ ）は零ないし所定の許容値（例えば、最小解像線幅の１／５程度）以内となっており、ショット領域SA1stとSA2ndとはほぼ重なり合っ

てウエハ上に形成されている。

【０００６】  
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の如き従来技術においては、EGA方式を使ってウエハ上の各ショット領域に対してレチクルパターンの重ね合わせ露光を行っても、全てのショット領域においてその重ね合わせ誤差（図１７中のベクトル $V_e$ に相当）が所定の許容値以内となり得ないという問題がある。これは、

ウエハ上に形成された実際のショット領域の各位置座標には、プロセス（現像処理等）の影響等により設計上の位置座標に対してランダムな位置誤差が含まれること、ショット領域のアライメントマークを検出する場

合、マーク自体の形状歪みや測定系に含まれるノイズ等に起因する計測誤差が存在すること等によって生じるものと考えられている。しかしながら、実際には重ね合わせ誤差が何を原因として発生しているのかがはっきり解析、分類されないまま、ステッパでは上記誤差量に対する評価が行われている。

【０００７】本発明は以上の点を考慮してなされたもので、重ね合わせ誤差の発生要因を解析でき、さらには重ね合わせ精度を向上させることができる位置合わせ装置及び位置合わせ方法を得ることを目的としている。

【０００８】

【課題を解決するための手段】かかる問題点を解決するため請求項１の発明においては、基板上における複数の露光領域のうち、少なくとも２つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づいて、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を算出する露光位置算出手段を備える位置合わせ装置において、前記複数の露光領域の中から少なくとも２つの露光領域を選択するための配置条件を複数設定し、該配置条件のもとで選択した少なくとも２つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づき、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を、設定された複数の配置条件毎に演算する演算手段と、前記複数の配置条件毎に演算された前記露光位置に基づいて、前記複数の配置条件の中から、前記露光位置算出手段における前記露光位置の算出誤差が小さくなる配置条件を決定する決定手段とを有することとした。また、請求項５の発明においては、基板上における複数の露光領域のうち、少なくとも２つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づいて、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を算出し、算出された各露光位置に基づいて、前記基板を位置合わせする位置合わせ方法において、前記複数の露光領域の中から少なくとも２つの露光領域を選択するための配置条件を複数設定し、設定された複数の配置条件毎に、かつ該配置条件のもとで選択した少なくとも２つの露光領域に関する位置合せ用マークの位置に基づき、前記複数の露光領域に関するそれぞれの露光位置を演算し、前記複数の配置条件毎に演算された前記露光位置に基づいて、前記複数の配置条件の中から、前記位置合わせに関する誤差成分が小さくなる配置条件を決定することとした。

【０００９】

【作用】本発明では、複数の露光領域（ショット領域SA<sub>n</sub>）の中から前記少なくとも２つの露光領域を選択するための配置条件を互いに異なる条件で複数設定し、該設定された複数の配置条件毎に、前記複数の露光領域に関する露光位置をそれぞれ演算する。そして、この演算により、前記複数の配置条件毎にそれぞれ求められた前記露光位置のそれぞれに基づいて、前記複数の配置条件の中から、前記配置条件に応じて発生する誤差成分が小さくなるように、最適な配置条件を決定することとし

た。

【0010】このため、アライメント精度の評価とともに、統計演算におけるショット配置（例えば、評価用の被加工領域の位置、または数）を変更（修正）し、各条件下でアライメント精度上でどのような向上をもたらすかを解析することができる。

【0011】

【実施例】図2は本発明の位置合わせ装置を備えた縮小投影型露光装置（ステッパー）の概略的な構成を示す斜視図、図3は図2に示すステッパーの照明光学系の概略的な構成を示す斜視図である。図3に示すように、超高圧水銀灯11から発生する所定波長域の照明光（ $g$ 線、 $i$ 線等）は楕円鏡12で反射された後、コールドミラー13で反射されて楕円鏡12の第2焦点上に集光される。さらに、コリメータレンズ等を含む集光光学系14、及びオプティカルインテグレータ（フライアイレンズ群）15を通過し、光束の一様化等が行われた照明光は、リレーレンズ系16を介してミラー17に至り、ここでほぼ垂直に下方に反射された後、コンデンサーレンズ18を介してレチクルRをほぼ均一な照度で照明する。尚、露光用照明光源としてKrFエキシマレーザ光源等を用いても構わない。

【0012】投影原版となるレチクルRには、回路パターン領域PAの外側（レチクル周辺側）に、レチクルRの位置決めを行うためのレチクルアライメントマークRX、RY1、RY2が形成されている。レチクルRはレチクルステージ19上に載置され、パターン領域PAの中心点RCが投影光学系1の光軸AXとほぼ一致するように位置決めが行われる。レチクルステージ19は駆動モータ21、22により水平面内で2次元移動可能に構成され、その端部にはレーザ光波干渉式測長器（以下、干渉計とする）25、26からのレーザビームを反射する移動鏡23、24が固定されている。干渉計25、26はレチクルRの2次元的位置を、例えば0.01 $\mu$ m程度の分解能で常時検出する。レチクルRの初期設定は、レチクル周辺のアライメントマークRX、RY1、RY2を光電検出するレチクルアライメント系（不図示）からのマーク検出信号に基づいて、レチクルステージ19を微動することにより行われる。

【0013】ところで、本実施例では図4に示すような2組のパターン群（主尺パターンRP1と副尺パターンRP2）が、例えばレチクルRの中心点RCの近傍に、Y方向に所定間隔 $\Delta Y$ だけ離れて形成されている。尚、図4に示す如き2組のパターン群の構成等については、例えば特公昭63-38697号公報に開示されている。図4において、格子パターン70xはX方向に一定ピッチで設けられ、格子パターン70yはY方向にパターン70xと同一ピッチで設けられている。格子パターン70x、70yの各々には、パターンの中央を0として正、負方向に2、4、6、8と目安となる数字が打た

れている。格子パターン71x、71yは格子パターン70x、70yの補助として設けられたもので、ここでは荒いバーニアとして働く。以上、4つの格子パターンによって主尺パターンRP1が構成されるが、格子パターン71x、71yは特に設けずとも良い。また、副尺パターンRP2を成す格子パターン80x、80yは、そのピッチが格子パターン70x、70yのピッチよりもわずかに大きいピッチに定められるとともに、各バーマークは主尺パターンRP1と副尺パターンRP2とを重ね合わせた時に格子パターン70x、70yの各バーマークの間に挟まるように形状決めされている。荒いバーニアとして働く格子パターン81x、81yについても同様に、格子パターン71x、71yのピッチよりもわずかに大きいピッチに定められるとともに、各バーマークは格子パターン71x、71yの各バーマークの間に挟まるように形状決めされている。

【0014】さて、図2に示すようにパターン領域PAを通過した照明光は、片側（または両側）テレセントリックな投影光学系1に入射し、投影光学系1はレチクルRの回路パターンの投影像を1/5、または1/10に縮小して、表面にレジスト層が形成されたウエハW上の1つのショット領域SAに重ね合わせて結像投影する。ウエハホルダ2はウエハWを真空吸着するとともに、X、Y方向に2次元移動するウエハステージ3に対して微小回転可能に設けられる。駆動モータ4はウエハステージ3上に固定され、ウエハホルダ2を回転させる。また、ウエハステージ3は駆動モータ5、6によりステップ・アンド・リピート方式で2次元移動され、ウエハW上の1つのショット領域SAに対するレチクルRの転写露光が終了すると、次のショット位置までステップングする。ウエハステージ3の端部の直交する2辺には、反射平面がY方向に伸びた移動鏡7と、反射平面がX方向に伸びた移動鏡8とが各々固設されている。干渉計9は移動鏡8にレーザビームを投射して、ウエハステージ3のY方向の位置（または移動量）を、例えば0.01 $\mu$ mの分解能で常時検出し、干渉計10は移動鏡7にレーザビームを投射して、ウエハステージ3のX方向の位置（または移動量）を同様の分解能で検出する。尚、投影光学系1の光軸AXは干渉計9、10の測長軸（レーザ光束の中心線）の交点を通るように構成されている。また、図2中には示していないが、ステージコントローラ27（図1参照）は干渉計9、10からの位置計測信号等に基づいて、ウエハホルダ2及びウエハステージ3の移動や位置決めを制御するように構成されている。

【0015】また、図2中には投影光学系1から一定間隔で固定され、ウエハW上のアライメントマークを拡大観察するオフ・アクシス方式のアライメント光学系（Field Image Alignment: FIA系）20も示されている。FIA系20の構成等については、例えば特開平2-54103号公報に開示されているので、ここでは簡単に

説明する。F I A系20は、所定の波長幅を有する照明光をウエハWに照射することにより、ウエハ上のアライメントマークの像と、対物レンズ等によってウエハと共役配置された指標板上の指標マークとを、I T V、C C Dカメラ等の撮像素子の受光面上に結像する。撮像素子からのビデオ信号V Sは、干渉計9、10からの位置計測信号とともに後述のF I A演算ユニット61（図1参照）に入力する。F I A演算ユニット61はビデオ信号V Sの波形に基づいて指標マークに対するマーク像のずれを求め、マーク像が指標マークの中心に位置した時のマーク位置に関する情報を主制御装置50に対して出力する。

【0016】さらに、ステッパにはマーク検出可能範囲（サーチ範囲）が広く、高速アライメント計測が可能なT T L (Through The Lens)方式のレーザ・ステップ・アライメント（L S A）系が設けられている。尚、L S A系の構成等については、例えば特開昭60-130742号、または先に述べた特開平2-54103号公報に開示されているので、ここでは簡単に説明する。

【0017】図示していないが、H e - N e、A r イオン等のレーザ光源から発生するレーザビームは、ビームエクspanderで所定のビーム径に拡大され、シリンドリカルレンズにより細長い楕円ビームに整形された後、ビームスプリッター30に入射して2つの光束に分割される。ビームスプリッター30を通過したレーザ光束はミラー31で反射され、ビームスプリッター32を通過して、結像レンズ群33によって横断面が帯状のスポット光になるように収束された後、レチクルRと投影光学系1との間に、回路パターン像の投影光路を遮光しないように配置された第1折り返しミラー34に入射する。第1折り返しミラー34はレーザ光束をレチクルRに向けて上方に反射する。そのレーザ光束はレチクルRの下側に設けられ、レチクルRの表面と平行な反射平面を有するミラー35に入射して、投影光学系1の入射瞳E pの中心に向けて反射される。ミラー35からのレーザ光束は、投影光学系1の軸外部分から主光線がウエハWとほぼ垂直になるように収束され、ウエハW上では光軸A Xに向かってX方向に細長く伸びた帯状のスポット光L Y Sとして結像される。

【0018】さて、スポット光L Y SはウエハW上でX方向に伸びた回折格子状のアライメントマークを相対的にY方向に走査して、そのマークの位置を検出するために使われる。スポット光L Y Sがマークを照射すると、マークからは正反射光（0次光）とともに回折光（1次光以上）や散乱光が生じる。これら光情報は、再び投影光学系1、ミラー35、ミラー34、及び結像レンズ群33を通過してビームスプリッター34に戻り、ここで反射されて、投影光学系1の瞳E pと共役な空間フィルタと集光レンズとから成る光学素子36に入射する。光学素子36は、これら光情報のうち高次回折光（例えば

±1～3次回折光）、または散乱光を透過させ、正反射光（0次光）を遮断し、回折光、または散乱光をミラー37を介して光電素子38の受光面に集光する。光電素子38は集光した回折光、または散乱光の光量に応じた光電信号を出力する。以上、ミラー31、ビームスプリッター32、結像レンズ群33、ミラー34、35、光学素子36、ミラー37、及び光電素子38は、ウエハW上のマークのY方向の位置を検出するアライメント光学系（以下、Y-L S A系と呼ぶ）を構成している。

【0019】一方、ビームスプリッター30で反射された別のレーザ光束は、ウエハW上のアライメントマークのX方向の位置を検出するアライメント光学系（以下、X-L S Aと呼ぶ）に入射する。X-L S A系はY-L S A系と全く同様にミラー41、ビームスプリッター42、結像レンズ群43、ミラー44、45、光学素子46、ミラー47、及び光電素子48から構成され、ウエハW上にY方向に細長く伸びた帯状のスポット光L X Sを結像する。

【0020】ところで、光電素子38、48からの光電信号L Sは、干渉計9、10からの位置計測信号とともに後述のL S A演算ユニット60（図1参照）に入力し、L S A演算ユニット60はウエハステージ3の単位移動量（0.01 μm）毎に発生するアップ・ダウンパルス信号に同期して光電信号L Sをサンプリングする。そして、各サンプリング値をデジタル値に変換してメモリに番地順に記憶させた後、所定の演算処理によってアライメントマークの位置を検出し、この位置情報を主制御装置50に対して出力する。尚、L S A演算ユニット60は回折光及び散乱光の各強度に応じた光電信号の波形処理を並行して行い、両方の検出結果からアライメントマークの位置を決定しても構わない。

【0021】次に、図1を参照して上記構成の装置全体を統括制御する主制御装置50について説明する。図1は本実施例による装置の制御系の概略的な構成を示すブロック図であって、主制御装置50は干渉計9、10からの位置計測信号P D Sを常時入力しているものとする。図1において、信号データ記憶部62はX、Y-L S A系（光電素子38、48）からの光電信号L S、例えばL S A演算ユニット60にてデジタル値に変換された波形データを記憶することができる。図1ではF I A系20（撮像素子）からのビデオ信号V Sも記憶することが可能となっている。アライメント（A L G）データ記憶部501は、L S A演算ユニット60、F I A演算ユニット61の両方からのマーク位置情報（すなわちショット領域の配列座標値M A L n）を入力可能となっている。E G A演算ユニット502は、A L Gデータ記憶部501に記憶されたマーク位置情報に基づいて、統計的な演算手法によりウエハW上のショット領域の配列座標値D E G nを算出するもので、その算出結果はシーケンスコントローラ504と記憶部506とに送られる。E G

A演算ユニット502では、配列座標値 $DE_{gn}$ に先立って演算パラメータ、すなわちウエハ中心位置のオフセット(X、Y方向)、ウエハの伸縮度(X、Y方向)、ウエハの残存回転量、及びウエハステージの直交度、またはショット配列の直交度(後述の変換行列A、O)も算出され、これらパラメータも記憶部506に格納される。

【0022】また、露光(EXP)ショットマップデータ部503はウエハ上に露光すべきショット領域の設計上の露光位置(配列座標値 $Dn$ )を格納し、この設計値はEGA演算ユニット502とシーケンスコントローラ504とに送られる。シーケンスコントローラ504は、上記各データに基づいてアライメント時やステップアンドリピート方式の露光時のウエハステージ3の移動を制御するための一連の手順を決定する。ここで、図1中にはオペレータからのコマンドや各種計測データ(後述のバーニア計測値 $\Delta V$ 等)を入力する装置(キーボード等)63と、演算部505にて算出される重ね合わせ誤差の解析結果(後述)を表示する装置(CRT等)64とが示されている。

【0023】さて、記憶部506はEGA演算ユニット502からの演算パラメータ、及びショット領域の計算上の配列座標値 $DE_{gn}$ と、入力装置63からの入力データ等を記憶する。また、演算部505は記憶部506に記憶されたデータ(ショット領域の計算上の配列座標値 $DE_{gn}$ 、バーニア計測値 $\Delta V$ )と、ALGデータ記憶部501に記憶されたショット領域の計測上の配列座標値 $MALn$ とに基づき、ウエハ上のショット領域毎にその重ね合わせ誤差(ベクトル $v$ )を解析、すなわちマーク位置検出時に生じる誤差(ベクトル $e$ )と、サンプルアライメントすべきショット領域のウエハ上での位置(またはその数)に対応して統計演算時に生じる誤差(ベクトル $a$ )とに分けて解析するとともに、その解析結果(すなわち、後述の位置ずれベクトル $v$ 、 $e$ 、 $a$ の線図)を表示装置64に表示する。さらに演算部505は、重ね合わせ誤差の解析結果に応じて、LSA演算ユニット60(またはFIA演算ユニット61)における信号処理条件(例えば、波形解析アルゴリズム、アルゴリズム・スライスレベル等)と、EGA演算ユニット502におけるEGAショット配置(すなわちサンプルアライメントすべきショット領域の位置、数)とを計算上で変更(修正)し、シミュレーションにより各条件のもとでのベクトル( $v$ )、( $e$ )、( $a$ )を算出する(詳細後述)。また、演算部505におけるシミュレーション結果(3つの位置ずれベクトル $v$ 、 $e$ 、 $a$ の線図)は、信号処理条件またはEGAショット配置に関する条件が変更されるたびに表示装置64に表示される。従って、オペレータは表示装置64に表示される線図から、上記条件がアライメント精度上でどのような向上をもたらすかを知ることができる。また、オペレータは上記結果から

信号処理条件とEGAショット配置の各々の最適な条件を求め、この条件を入力装置63からステッパ(演算部505)に入力することによって、LSA演算ユニット60とEGA演算ユニット502に対して最適な処理条件を設定することが可能となっている。尚、上記条件の変更は、演算部505からの指令に基づいて、LSA演算ユニット60とEGA演算ユニット502とがそれぞれ行っている。

【0024】次に、図5を参照して本実施例における重ね合わせ誤差の解析方法について説明する。図5は本実施例の動作の一例を示す概略的なフローチャート図である。尚、本実施例ではX、Y-LSA系を用いてEGA方式のアライメントを行う場合に生じる重ね合わせ誤差を解析するものとする。さて、図2に示したステッパにおいて、シーケンスコントローラ504はEXPショットマップデータ部503に格納された情報、すなわちショット領域 $SA_n$ の設計上の配列座標値( $D_{xn}$ 、 $D_{yn}$ )に従ってウエハステージ3をステップングさせ、レチクルRのパターン(図4中に示した主尺パターン $RP_1$ )をウエハW上に順次転写していく(ステップ100)。

【0025】1st露光が終了したウエハWはステッパから搬出された後、不図示のコータディベロッパーにおいて現像処理等が施される。この結果、図6に示すようにウエハW上には、複数の回路パターン(ショット領域 $SA_n$ )とアライメントマーク $M_x$ 、 $M_y$ とがマトリクス状に形成される。さらに、表面にレジスト層が形成されたウエハWはステッパに搬入され、ウエハステージ3上にローディングされる。この際、ステッパの内部ではショット領域 $SA_n$ に対する重ね合わせ(2nd)露光に備え、上記ウエハ処理と並行して、レチクルRをY方向に $\Delta Y$ だけシフトさせる。レチクルRは、干渉計21、22からの位置計測信号に応じてレチクルステージ19をサーボ制御することにより移動される。この結果、レチクルRは正確に $\Delta Y$ だけシフトし、副尺パターン $RP_2$ (図4)が1st露光時の主尺パターン $RP_1$ の座標位置に位置決めされることになる(ステップ101)。

【0026】さて、ウエハステージ3上にローディングされたウエハWは、まず機械的なプリアライメント装置(不図示)によって数十 $\mu m$ 以下の精度で載置される。次に、シーケンスコントローラ504はFIA系20及びX-LSA系を用い、ウエハWのプリアライメントを実行する。まず、FIA系20はウエハWの外周付近に、かつウエハ中心に関してほぼ左右(Y軸)対称な位置に形成された2つのショット領域(例えば、図6中のショット領域 $SA_{11}$ 、 $SA_{12}$ )のY方向の位置を検出する。一方、X-LSA系はウエハWの外周付近に、かつ上記2つのショット領域 $SA_{11}$ 、 $SA_{12}$ からほぼ等距離にあるショット領域(例えば、図6中のショット領域S

A13)のX方向の位置を検出する。さらにシーケンスコントローラ504は、ALGデータ記憶部501に格納された3つのショット領域のマーク位置情報に基づいて、干渉計9、10により規定される直交座標系XYに対するウエハWの位置ずれ量(回転誤差を含む)を算出する。しかる後、この位置ずれ量に応じてウエハホルダ2及びウエハステージ3を駆動することにより、ウエハWのプリアライメントが終了する。この結果、レチクルRとウエハW(ショット領域SAn)との相対的な位置ずれが1μm以下の精度で補正されることになる(ステップ102)。

【0027】ところで、ステップ102(プリアライメント)終了後も、例えば図7に誇張して示しているように、ウエハステージ3の移動座標系(直交座標系XY)に対するショット領域SAnの配列座標系αβの回転誤差θ(プリアライメントにて補正しきれなかったローテーション)が残存している。尚、図7ではα軸及びβ軸上に配列されたショット領域のみを示してある。

【0028】そこで、次のステップ103ではEGA演算に先立ち、X、Y-LSA系を用いてウエハW上の全てのショット領域SAnのマーク位置計測を実行する。シーケンスコントローラ504は、EXPショットマップデータ部503に格納されたショット領域の設計上の配列座標値(Dxn、Dyn)に従ってウエハステージ3をステップングさせていき、ショット領域毎にウエハステージ3を微動してX、Y-LSA系のスポット光LXS、LYSとアライメントマークMx、Myとを相対走査させる。これより、LSA演算ユニット60では所定の信号処理条件のもとでマーク位置が算出され、これら位置情報は配列座標値(MALxn、MALyn)としてALGデータ記憶部501に記憶される。この際、全てのショット領域SAnのマーク毎に光電素子38、48から出力される光電信号LSの波形データも、信号データ記憶部62に記憶させておく。

【0029】ここで、図8を参照してLSA系の計測動作を簡単に説明する。図8は、マークMxとスポット光LXSとの相対走査の様子と光電信号LSの波形の様子との一例を示している。図8(A)に示すように、マークMxは相対走査方向(X方向)と直交したY方向に一定のピッチを有する回折格子状であり、マークMxはウエハステージ3の微動によりスポット光LXSをほぼ平行に横切るように走査される。この時、光電素子48からの信号LSは、図8(B)に示すような波形となる。LSA演算ユニット60において、上記の如き信号波形は所定のスライスレベルVrと比較され、信号波形の立ち上がり立ち下りのスライスレベルVrとの各交点の中心点が、マークMxのX方向の中心位置として決定される。尚、図8(B)に示した信号波形は対称性が保たれているが、マーク形状歪み等によって、図8(A)と同一のピッチ構成のマークであっても、図8

(C)のように非対称な波形となったり、図8(D)のように明確なピークが得られなかったり、あるいは図8(E)のように本来1つのピークであるものが山割れを起こしたりする。図8(D)のような波形の場合、波形解析アルゴリズムによってマーク位置検出に不相当と判断され、予めリジェクトされ得る。山割れ波形の場合はその程度にもよるが、山割れによって生じた隣接する2つのピークがマーク幅で決まる一定間隔内にある時は1つのマーク波形とみなし、スライスレベルの設定でマーク中心位置を計測することができる。

【0030】次に、先に述べた特開昭61-44429号公報に開示された手法に従って、ウエハW上の全てのショット領域SAnの配列座標値(DEGxn、DEGyn)を算出する。まず、EGA演算ユニット502はステップ103でALGデータ記憶部501に記憶された全てのショット領域SAnの配列座標値(MALxn、MALyn)のうち、ウエハWの外周付近に位置する複数個のショット領域(例えば、図6中のショット領域SA1~SA7)の配列座標値を読み出す。そして、この読み出したショット領域SA1~SA7の計測上の配列座標値(MALxn、MALyn)と、ALGショットマップデータ部504に格納された設計上の配列座標値(Dxn、Dyn)とに基づいて、ステップアンドリピート方式で位置合わせすべきウエハW上のショット配列の規則性、すなわち以下の数式1に示す写像関係式(行列式 $MALn = A \cdot Dn + O$ )における変換行列A、Oを決定する。但し、上記関係式における変換行列A、Oは、残存回転誤差θ、直交度ω及びスケリング誤差Rx、Ryと、オフセット誤差Ox、Oyとの夫々をパラメータとして含み、変換行列Aは2行2列、Oは2行1列の行列である。

【0031】

【数1】

$$\begin{pmatrix} MALxn \\ MALyn \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} Dxn \\ Dyn \end{pmatrix} + O$$

【0032】尚、変換行列A、Oは以下の数式2、3で表される。

【0033】

【数2】

$$A = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -\tan \omega \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Rx & 0 \\ 0 & Ry \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} Rx \cdot \cos \theta & -Ry (\cos \theta \cdot \tan \omega + \sin \theta) \\ Ry \cdot \sin \theta & Ry (-\sin \theta \cdot \tan \omega + \cos \theta) \end{pmatrix}$$

【0034】

【数3】

$$O = \begin{pmatrix} Ox \\ Oy \end{pmatrix}$$

【0035】ここで、ウエハ上のショット領域は、計測

上の配列座標値 (MALxn、MALyn) 及び設計上の配列座標値 (Dxn、Dyn) に対して残差項 ( $\varepsilon Xn$ 、 $\varepsilon Yn$ ) が存在し、上記数式1は以下の数式4のように書き換えられる。

【0036】

【数4】

$$\begin{bmatrix} MALxn \\ MALyn \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} Dxn \\ Dyn \end{bmatrix} + O + \begin{bmatrix} \varepsilon Xn \\ \varepsilon Yn \end{bmatrix}$$

【0037】従って、EGA演算ユニット502は上記残差項が最小となるように、変換行列A、Oの各パラメータの値を演算（最小二乗法）により決定する。尚、上記の如く算出された変換行列A、Oは記憶部506に格納される（ステップ104）。しかる後、EGA演算ユニット502は上記数式1によって、ウエハW上の全てのショット領域SAnの配列座標値 (DEGxn、DEGyn) を算出する（ステップ105）。従って、上記座標値 (DEGxn、DEGyn) に従ってウエハステージ3をステップングさせれば、全てのショット領域SAnに対してレチクルパターンの投影像が正確に重ね合わされて露光されることになる。ここで、EGA演算ユニット502で算出されるショット領域の配列座標値 (DEGxn、DEGyn) は、シーケンスコントローラ504と記憶部506とに送られる。尚、EGA演算で算出される配列座標値を (DEGxn、DEGyn) としたのは、EGA演算で最小二乗法を用いるために、計算上の配列座標値 (DEGxn、DEGyn) と計測上の配列座標値 (MALxn、MALyn) とがウエハ上の全てのショット領域において必ずしも一致しないからである（詳細後述）。

【0038】次に、シーケンスコントローラ504は先の配列座標値 (DEGxn、DEGyn) に従ってウエハステージ3をステップングさせていき、ウエハW上のショット領域SAn毎にレチクルパターンの投影像を重ね合わせて露光を行う（2nd露光）。この結果、1st露光で形成された主尺パターンに対して副尺パターンが重ね合わされて転写されることになる（ステップ106）。

【0039】2nd露光が終了したウエハWはステッパから搬出されて、現像処理等が施されると、各ショット領域SAnの中心付近には主尺パターンRP1と副尺パターンRP2とが重なったバーニアが形成される。しかる後、ウエハWは別設の観察装置（不図示）に搬入され、ここでショット領域毎に主尺パターンRP1と副尺パターンRP2とのX、Y方向の位置ずれ量 $\Delta Vx$ 、 $\Delta Vy$ を計測する（ステップ107）。このように計測されたショット領域毎のずれ量 $\Delta Vx$ 、 $\Delta Vy$ は、オペレータにより入力装置63を介して記憶部506に入力される（ステップ108）。尚、バーニア計測は光学的に行っても、目視により行っても良く、その装置構成、測定方法はいかなるものであっても構わない。また、本実施例ではオペレータがバーニア計測値 ( $\Delta Vx$ 、 $\Delta Vy$ )

を主制御装置50に入力するものとしたが、例えばFIA系20を用いてバーニアの観察、計測を行うように構成しても良く、この場合にはオペレータがデータを入力する手間が省けるといった利点がある。

【0040】次に、演算部505は記憶部506からのバーニア計測値 $\Delta Vx$ 、 $\Delta Vy$ と、2nd露光で形成されたショット領域の配列座標値、すなわちEGA演算ユニット502で算出された配列座標値 (DEGxn、DEGyn) とに基づいて、1st露光で形成されたショット領域の真の配列座標値 (MVExn、MVEyn) を算出する。ここで、バーニア計測値 $\Delta Vx$ 、 $\Delta Vy$ は計算上の配列座標値 (DEGxn、DEGyn) に従って転写された2ndショット領域（副尺パターンRP2）に対する1stショット領域（主尺パターンRP1）の位置ずれ量を表している。従って、計算上の配列座標値 (DEGxn、DEGyn) に対してバーニア計測値 $\Delta Vx$ 、 $\Delta Vy$ をオフセットとして加えることにより、1stショット領域の真の配列座標値 (MVExn、MVEyn) を算出する。この算出された配列座標値 (MVExn、MVEyn) は記憶部506に記憶される（ステップ109）。

【0041】さらに演算部508は、記憶部509に格納された2ndショット領域の実際の配列座標値 (DEGxn、DEGyn)、及び1stショット領域の真の配列座標値 (MVExn、MVEyn) と、ALGデータ記憶部501に格納された1stショット領域の計測上の配列座標値 (MALxn、MALyn) とに基づいて、1stショット領域SA1stと2ndショット領域SA2ndとの重ね合わせ誤差（ベクトルv）をショット領域毎に解析し、この解析結果を表示装置64に表示する（ステップ110）。この様子を図9を参照して簡単に説明する。図9において、点Dは1stショット領域の設計上の露光位置（座標値Dxn、Dyn）、点MALは1stショット領域（点線）の計測上の露光位置（座標値MALxn、MALyn）、点DEGは2ndショット領域SA2ndの実際の露光位置（座標値DEGxn、DEGyn）、点MVEは1stショット領域SA1stの真の露光位置（座標値MVExn、MVEyn）を表している。

【0042】図9から明らかなように、点MVEから点DEGへのベクトルvは重ね合わせ誤差を表し、ベクトルvは点MALから点MVEへのベクトルeと点MALから点DEGへのベクトルaとに分けることができる。ここで、ベクトルeは1stショット領域SA1stの真の露光位置と計測値とのずれ、すなわちLSA演算ユニット60での信号処理条件等に対応してマーク位置検出時に生じ得る誤差（以下、LSA誤差と呼ぶ）を表している。尚、LSA誤差の発生要因の1つとしては、例えば図8（C）に示したような信号波形に対して最適な信号処理条件がLSA演算ユニット60に設定されていないために生じると考えられる。また、ベクトルaは1stショット領域SA1stの計測値と2ndショット領域SA2ndの露光位置とのずれ、すなわちEGA演算において選択された1st

ショット領域のウエハW上での位置、またはその数（EGAショット配置）等に対応して生じる誤差（以下、EGA誤差と呼ぶ）を表している。従って、重ね合わせ誤差（ベクトル $v$ ）は信号処理条件を主因とするLSA誤差（ベクトル $e$ ）とEGAショット配置を主因とするEGA誤差（ベクトル $a$ ）とに分類され、演算部505は3つのベクトル $v$ 、 $e$ 、 $a$ の線図をショット領域毎に表示装置64に表示するとともに、この解析結果を記憶部506に格納する。この結果、オペレータはウエハ上の全てのショット領域における重ね合わせ誤差、さらには当該誤差の発生要因（LSA誤差、EGA誤差）までも知ることができる。尚、表示装置64での表示方法は任意で良く、例えば全てのショット領域のベクトル $v$ のみを画面上に表示しておき、ベクトル $v$ が大きいショット領域については、オペレータの指示により当該領域を拡大表示、すなわち3つのベクトル $v$ 、 $e$ 、 $a$ を同一画面上に表示するようにしても良い。

【0043】次に、図10を参照して重ね合わせ誤差（ベクトル $v$ ）を最小とするための動作（シミュレーション）について説明する。尚、ここではステップ100～109までの動作が既に終了し、ウエハ上の全てのショット領域の各マーク毎の波形データが信号データ記憶部62に格納されるとともに、1stショット領域の真の配列座標値（MVE<sub>xn</sub>、MVE<sub>yn</sub>）も記憶部506に格納されているものとする。

【0044】ここで、図9に示す如く本実施例では、重ね合わせ誤差（ベクトル $v$ ）をLSA誤差（ベクトル $e$ ）とEGA誤差（ベクトル $a$ ）とに分類できる。従って、重ね合わせ誤差（ベクトル $v$ ）を最小にするには、LSA誤差（ベクトル $e$ ）とEGA誤差（ベクトル $a$ ）の各々を最小にする、換言すればLSA演算ユニット60での信号処理条件（例えば、アルゴリズム・スライスレベルの電圧値等）とEGA演算ユニット502でのEGAショット配置（ここで、EGAショット配置とは変換行列A、Oを決定するのに必要な複数のショット領域のウエハ上での位置や数を指す）の各々を最適化すれば良いことがわかる。そこで、本実施例では信号処理条件とEGAショット配置の各々についてその条件を変更しながら、各条件でのLSA誤差やEGA誤差をシミュレーションにより求めることによって、信号処理条件とEGAショット配置の最適化を行うものとする。これに伴い、本実施例では予めオペレータによって指定された複数の信号処理条件、及びEGAショット配置の条件が記憶部506に格納されているものとする。

【0045】さて、LSA演算ユニット60においてマーク位置が正確に検出されるようになっていれば、当然ながら図9に示した点MALと点MVEとは近づき、LSA誤差（ベクトル $e$ ）は小さくなるはずである。すなわち、LSA誤差（ベクトル $e$ ）を評価することはLSA演算ユニット60の信号処理条件を評価することにな

り、LSA誤差が十分に小さければ、適正な条件で波形処理が行われていると言える。逆にLSA誤差が大きければ、適正な条件で波形処理が行われているとは言えず、信号処理条件を見直す必要がある。そこで、まずLSA誤差（ベクトル $e$ ）を最小とするための信号処理条件の最適化について説明する。

【0046】ここで、本実施例においてLSA演算ユニット60での信号処理条件とは、波形解析アルゴリズム、アルゴリズム・スライスレベル、及び処理ゲート幅等を指している。尚、処理ゲート幅とは設計上のマーク位置を中心として定められるものである。また、波形解析アルゴリズムとしては、例えば以下に述べる3つのアルゴリズムがある。さて、第1のアルゴリズムは所定の処理ゲート幅から決まる区間で信号波形のスミージングを行った後、この信号波形をアルゴリズム・スライスレベルで設定されたレベルでスライスし、図8（B）に示したように信号波形の左右に交点があると、その交点の中心点をマーク位置として検出するものである。第2のアルゴリズムは、所定のレベル $L_1$ （電圧値）以上の区間で信号波形のスミージングを行った後、ピーク値に近いレベル $L_2$ との間で複数のスライスレベルを一定間隔で設定し、各スライスレベルでの交点とその長さを求める。そして、各スライスレベルでの長さに基づいて、アルゴリズム・スライスレベルで設定されたレベル以下の部分において信号波形の傾斜が最大となるスライスレベルを選び出し、当該レベルでの交点の中心点をマーク位置として検出するものである。第3のアルゴリズムは、アルゴリズム・スライスレベルで設定されたレベルで信号波形をスライスし、その中心点を基準位置として求めておく。次に、所定のレベル $L_1$ （電圧値）以上の区間で信号波形のスミージングを行った後、ピーク値に近いレベル $L_2$ との間で複数のスライスレベルを一定間隔で設定し、各スライスレベルでの交点の中心点、さらに中点差分（すなわち、隣り合うスライスレベルでの中心点との差）を求める。そして、各スライスレベルでの中心点が先に求めた基準位置と大きく離れておらず、各中心点が安定している領域（すなわち中点差分が微小で、そのスライスレベルが一番長く連続している領域）を選び、当該領域での中心点をマーク位置として検出するものである。

【0047】さて、まず演算部505は記憶部506から所定の信号処理条件、例えばスライスレベル $V_r$ のレベル値を選び出し、LSA演算ユニット60の信号処理条件を変更する（ステップ200）。次に、LSA演算ユニット60は信号データ記憶部62から波形データを順次読み出し、新たに設定された条件（スライスレベル）のもとで、全てのショット領域のマーク位置（座標値MAL<sub>xn</sub>、MAL<sub>yn</sub>）を算出する。しかる後、これらマーク位置情報はALGデータ記憶部501に格納される（ステップ201）。

【0048】次に、演算部505はステップ201で求めた配列座標値(MALxn、MALyn)と、記憶部506から読み出した真の配列座標値(MVExn、MVEyn)とに基づいて、ショット領域毎にLSA誤差(ベクトル $e$ )を算出するとともに、各ショット領域のベクトル $e$ を表示装置64に表示する。このように算出されたLSA誤差は、LSA演算ユニット60に設定された信号処理条件に対応付けられて記憶部506に格納される(ステップ202)。しかる後、演算部505は予めオペレータによって記憶部506に設定された全ての信号処理条件についてシミュレーションが行われたか否かを判断する

(ステップ203)。ここでは、全ての条件についてのシミュレーションが終了していないので、ステップ200に戻る。演算部505は、シミュレーションが終了するまでステップ200～202を繰り返し実行し、全ての条件でシミュレーションが終了した時点で次のステップ204に進む。尚、記憶部506に予め設定しておく信号処理条件としては、アルゴリズム・スライスレベルのみを変更するように設定しておくだけでも、または波形解析アルゴリズム(もしくは処理ゲート幅)を変更のみを変更するように設定しておくだけでも良く、さらにはこれらを組み合わせた条件を設定するようにしても良い。

【0049】さて、全ての信号処理条件についてシミュレーションが終了した時点で、演算部505は記憶部506に格納された各条件でのLSA誤差に基づいて、各ショット領域でのLSA誤差が最小となる信号処理条件を選択し、この条件を最適条件としてLSA演算ユニット60に設定する(ステップ204)。この結果、LSA演算ユニット60における信号処理条件が最適化され、LSA系でのマーク位置の検出精度が向上する、換言すれば上記の如く設定された信号処理条件のもとで、図9中に示した点MALが点MVEに最も近づく、もしくは一致することになる。

【0050】ところで、ステップ200～203を繰り返し実行し、全ての信号処理条件でシミュレーションを行っても、LSA誤差が小さくならないことがある。または、上記の如く最適条件として設定された処理条件のもとでも、LSA誤差がわずかしこ小さくならないことがある。そこで、演算部505は最適条件のもとで算出された各ショット領域でのLSA誤差(記憶部506に格納されている)に基づいて、さらに詳しくLSA誤差を解析する必要があるか否かを判断し(ステップ205)、シミュレーションを繰り返してもLSA誤差が小さくならない場合には、LSA誤差の解析が必要と判断して、次のステップ206に進む。一方、上記の如き信号処理条件の最適化によって各ショット領域でのLSA誤差が十分小さくなっている場合には、直ちにステップ208へ進む。ここで演算部505は、例えば全てのショット領域でのLSA誤差から標準偏差(または平均

値)を求め、この値が所定値を超えているか否かによって判断するようにして構わない。尚、本実施例ではLSA誤差が小さくならなかったものとして、次のステップ206に進むものとする。従って、LSA演算ユニット60における信号処理条件は任意の条件、例えば初期条件(ステップ103での条件)、またはステップ200～202において最後に行われたシミュレーションでの処理条件に設定されていることになる。また、ここでは演算部505がLSA誤差の解析の要否を判断していたが、オペレータが表示装置64に表示される各条件でのLSA誤差を観察してその解析の要否を判断するようにしても良い。

【0051】次に、演算部505は線形最小二乗法を用いて、LSA誤差(ベクトル $e$ )の解析を実行する(ステップ206)。尚、線形最小二乗法とは先に述べたEGA演算と全く同一の手法であり、この演算処理によってLSA誤差(ベクトル $e$ )を線形成分(以下、LSA残留誤差と呼ぶ)と残りの成分(以下、ランダム誤差と呼ぶ)とに分けることが可能となる。

【0052】そこで、演算部505はショット領域の真の配列座標値(MVExn、MVEyn)を記憶部506から読み出すとともに、ステップ204が終了した時点でLSA演算ユニット60に設定された信号処理条件のもとで検出されたショット領域の計測上の配列座標値(MALxn、MALyn)をALGデータ記憶部501から読み出す。この際、演算部505はウエハ上のショット領域SA<sub>n</sub>の中から複数のショット領域、例えばショット領域SA<sub>1</sub>～SA<sub>7</sub>(図6)を指定し、これらの配列座標値をALGデータ記憶部501及び記憶部506の各々から読み出す。しかる後、演算部505はこの読み出した配列座標値を用いて、以下の数式5に示す行列における変換行列B、Cを、EGA演算(ステップ104)と同一の手法により決定し、この値を記憶部506に格納する。尚、変換行列Bは2行2列、Cは2行1列の行列である。また、変換行列B、Cの決定に用いるショット領域の数は2つ以上であれば良く、例えば全てのショット領域の配列座標値を用いて決定するようにしても構わない。

【0053】

【数5】

$$\begin{bmatrix} M_{VEXN} \\ M_{VEYN} \end{bmatrix} = B \begin{bmatrix} M_{ALXN} \\ M_{ALYN} \end{bmatrix} + C$$

【0054】さらに演算部505は、この決定された変換行列B、Cと数式5とを用いて、ショット領域の計測上の配列座標値(MALxn、MALyn)の変換を行い、この変換された座標値を(Merxn、Meryn)として記憶部506に格納する。しかる後、演算部505は記憶部506に格納された3つの配列座標値(MALxn、MALyn)、(MVExn、MVEyn)及び(Merxn、Meryn)に基づいて

ショット領域毎にLSA誤差（ベクトル $e$ ）を解析し、この解析結果を表示装置64に表示する（ステップ207）。この様子を図11を参照して説明するが、ここでは図9と異なる点のみについて述べる。尚、図11中の点 $Mer$ は数式5によって変換されたショット位置（座標値 $Mer_{xn}$ 、 $Mer_{yn}$ ）を表している。

【0055】図11から明らかなようにLSA誤差（ベクトル $e$ ）は、点 $MAL$ から点 $Mer$ へのベクトル $e_R$ と、点 $Mer$ から点 $MVE$ へのベクトル $r$ とに分けられる。ここで、ベクトル $e_R$ は線形最小二乗法によって算出されるので、LSA誤差（ベクトル $e$ ）の線形成分（LSA残留誤差）を表しており、ベクトル $r$ はLSA誤差の線形成分を除く残りの成分（すなわち、非線形な成分を含むランダム誤差）を表していることになる。この結果、LSA誤差（ベクトル $e$ ）をLSA残留誤差（ベクトル $e_R$ ）と、ランダム誤差（ベクトル $r$ ）とに分けることができる。演算部505は、3つのベクトル $e$ 、 $e_R$ 、 $r$ の線図をショット領域毎に表示装置64に表示し、さらにこの解析結果を記憶部506に格納する。この際、各ショット領域のベクトル $e_R$ （または $r$ ）、もしくは変換行列 $B$ 、 $C$ （または各パラメータの値）のみ、あるいはこれらを組み合わせたものを表示装置64に表示するようにしても良い。

【0056】尚、LSA残留誤差（ベクトル $e_R$ ）は上述の如く常にある傾向を持っているので、実際のプロセスウエハでのLSA系及びLSA演算ユニット60の計測結果に対してLSA残留誤差をそのまま加える、換言すればEGA演算結果（変換行列 $A$ 、 $O$ ）をLSA残留誤差（変換行列 $B$ 、 $C$ ）で更新することによって、LSA系及びLSA演算ユニット60の位置検出精度を結果的に向上させることになる（詳細後述）。

【0057】以上の動作により、LSA演算ユニット60での信号処理条件の最適化（及びLSA誤差の解析）が終了することになる。ところで、上記の如き信号処理条件の最適化が行われて、マーク位置が正確に検出されるようになっていれば、当然ながら図9に示した点 $MAL$ と点 $DEG$ とは近づき、EGA誤差（ベクトル $a$ ）は小さくなるはずである。すなわち、EGA誤差（ベクトル $a$ ）を評価することはEGA演算の精度を評価することになり、EGA誤差が十分に小さければ、EGAショット配置が適正な条件に設定されていると言える。逆にEGA誤差が大きければ、EGAショット配置が適正な条件に設定されているとは言えず、EGAショット配置を見直す必要がある。そこで、次にEGA誤差（ベクトル $a$ ）を最小とするためのEGAショット配置の最適化について説明する。

【0058】さて、演算部505は記憶部506から所定のEGAショット配置（ショット数、及びその位置）を選び出して、EGA演算ユニット502でのEGAショット配置を変更する（ステップ208）。次に、EG

A演算ユニット502はこの新たに設定されたEGAショット配置に対応した各ショット領域の計測上の配列座標値（ $MAL_{xn}$ 、 $MAL_{yn}$ ）をALGデータ記憶部501から読み出し、さらに設計上の配列座標値（ $D_{xn}$ 、 $D_{yn}$ ）をEXPショットマップデータ部503から読み出す。尚、ALGデータ記憶部501から読み出す配列座標値（ $MAL_{xn}$ 、 $MAL_{yn}$ ）は、先のステップ204で設定された信号処理条件のもとで検出された値である。しかる後、EGA演算ユニット502は各ショット領域の配列座標値（ $MAL_{xn}$ 、 $MAL_{yn}$ ）及び（ $D_{xn}$ 、 $D_{yn}$ ）を用いて、先のステップ104と全く同様に変換行列 $A$ 、 $O$ を決定する。尚、この算出された変換行列 $A$ 、 $O$ は記憶部506に格納される。さらに、EGA演算ユニット502はこの算出された変換行列 $A$ 、 $O$ と上記数式1と用いて、ウエハ $W$ 上の全てのショット領域 $S_{An}$ の配列座標値（ $DEG_{xn}$ 、 $DEG_{yn}$ ）を算出し、この演算結果を記憶部506に格納する（ステップ209）。

【0059】次に、演算部505は上記の如く算出された配列座標値（ $DEG_{xn}$ 、 $DEG_{yn}$ ）と、ALGデータ記憶部501から読み出した配列座標値（ $MAL_{xn}$ 、 $MAL_{yn}$ ）とに基づいて、ショット領域毎にEGA誤差（ベクトル $a$ ）を算出し、さらに各ショット領域のベクトル $a$ を表示装置64に表示する。このように算出されたEGA誤差は、EGA演算ユニット502に設定されたEGAショット配置に対応付けられて記憶部506に格納される（ステップ210）。しかる後、演算部505は予めオペレータによって記憶部506に設定された全てのEGAショット配置についてシミュレーション（ショット領域毎のEGA誤差の算出）が行われたか否かを判断し（ステップ211）、このシミュレーションが終了するまでステップ208～210を繰り返し実行する。

【0060】尚、記憶部506に設定しておくEGAショット配置の条件としては、ショット位置については予め決めておき、ショット数を変更するだけでも、あるいはショット数は一定としてショット位置の指定のみを変更するだけでも良く、さらにはこれらを組み合わせた条件を設定するようにしても良い。さて、全てのEGAショット配置についてシミュレーションが終了した時点で、演算部505は記憶部506に格納された各条件でのEGA誤差に基づいて、各ショット領域でのEGA誤差が最小となるEGAショット配置を選択し、この配置を最適条件としてEGA演算ユニット502に設定する（ステップ212）。この結果、EGA演算ユニット502における演算精度が向上する、換言すれば上記の如く設定されたショット配置のもとで、図9中に示した点 $DEG$ が点 $MAL$ に最も近づく、もしくは一致することになり、EGAショット配置の最適化が終了する。

【0061】ここで、信号処理条件及びEGAショット配置の最適化が行われた後の重ね合わせ誤差（ベクトル $v$ ）の様子を図12、図13に示す。図12は信号処理

条件の最適化によってLSA誤差（ベクトル $e$ ）が十分小さくなっている場合、図13は信号処理条件の最適化を行ってもLSA誤差（ベクトル $e$ ）が小さくならない場合を示している。図12から明らかなように、信号処理条件及びEGAショット配置の最適化が行われると、LSA誤差（ベクトル $e$ ）とEGA誤差（ベクトル $a$ ）とがともに十分に小さくなり、これに伴って重ね合わせ誤差（ベクトル $v$ ）も十分に小さく（またはほぼ零に）なる。従って、上記解析に用いたウエハと同一の条件（例えば、ウエハの種類、レジストや下地の種類・厚さ等であり、ウエハ処理条件も同一であることが望ましい）のプロセスウエハを使用する限り、上記の如く設定された条件のもとでマーク位置検出やEGA演算を行えば、EGA方式における重ね合わせ誤差を常に最小、ないしほぼ零にすることができ、高精度なアライメントを実現することが可能となる。また、以上のことから上記条件が異なるプロセスウエハ毎に、最適な信号処理条件、及びEGAショット配置（さらには変換行列B、

$$\begin{bmatrix} D_{xexn'} \\ D_{eyen'} \end{bmatrix} = B \left[ A \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + O \right] + C = B \cdot A \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + B \cdot O + C$$

【0064】この結果、EGA演算（数式6）によって、見掛け上ショット領域の設計上の配列座標値（点D）が点DEG'に変換される、すなわちEGA演算精度を向上させることになり、重ね合わせ誤差（点MVEと点DEG'との距離）を小さくすることができる。尚、数式6はショット領域の真の配列座標値（MVE $x_n$ 、MVE $y_n$ ）と設計上の配列座標値（D $x_n$ 、D $y_n$ ）とを用いて、EGA演算式における変換行列を算出する場合と全く同じであることは言うまでもない。

【0065】以上の通り本実施例においては、LSA誤差（ベクトル $e$ ）やEGA誤差（ベクトル $a$ ）のシミュレーションを行うため、予めオペレータが指定した複数の信号処理条件やEGAショット配置を記憶部506に格納しておくこととしたが、例えばオペレータ（または演算部505）がLSA誤差やEGA誤差のシミュレーションが行われるたびに、そのシミュレーション結果に基づいて次の信号処理条件やEGAショット配置を決定するようにし、この決定された条件をLSA演算ユニット60やEGA演算ユニット502に対して設定するようにしても構わない。この場合には、LSA誤差やEGA誤差のシミュレーションの回数が、上記実施例に比べて少なくなり得るといった利点がある。

【0066】また、LSA誤差（ベクトル $e$ ）のシミュレーション、特に信号処理条件の変更（ステップ200）を行う際、ウエハ上の複数のショット領域の中から、いくつかのショット領域（例えば、ウエハの中心及び外周付近に位置するショット領域）を選択し、この選択したショット領域のマーク毎の信号波形（例えば、図8（C））を表示装置64に表示させるようにしても良

C）を求め、これらの値を上記条件に対応付けて記憶部506に格納しておくことが望ましい。

【0062】一方、図13ではLSA誤差（ベクトル $e$ ）が小さくならないため、実際のプロセスウエハにおいて上記条件のもとでマーク位置検出やEGA演算を行っても、所定の許容値以上の重ね合わせ誤差が残存し得る。そこで、LSA誤差が小さくならず、しかもLSA残留誤差（ベクトル $e_R$ ）が常にある傾向を持っている場合には、プロセスウエハでのLSA系及びLSA演算ユニット60による計測結果に対してLSA残留誤差をそのまま加える。換言すれば、上記条件のもとで算出されるEGA演算式（数式1）を、LSA残留誤差を算出する際に決定される変換行列B、C（ステップ206）を用いて更新する。つまり、上記数式1、5から以下に示す数式6を求める。

【0063】

【数6】

い。このように信号波形を表示することは、LSA誤差のシミュレーションにおいて次の信号処理条件を決定するのに役立ち、シミュレーションの回数をより減らすことが可能になるといった効果が得られる。尚、信号波形を表示させるショット領域は1つであっても構わない。

【0067】同様に、EGA誤差（ベクトル $a$ ）のシミュレーション、特にEGAショット配置の変更（ステップ208）を行う際、次にシミュレーションを行うべきEGAショット配置に対応した複数のショット領域（またはウエハ上の全てのショット領域）の中から、いくつかのショット領域（または全てのショット領域でも良い）を選択し、この選択したショット領域でのLSA誤差（ベクトル $e$ ）、LSA残留誤差（ベクトル $e_R$ ）、及びランダム誤差（ベクトル $r$ ）のうちの少なくとも1つを表示装置64に表示するようにしても良い。このような表示を行うと、EGA誤差のシミュレーションにおいて次のEGAショット配置を決定するのに役立ち、シミュレーションの回数をより減らすことが可能になるといった効果が得られる。

【0068】また、変換行列B、Cを算出するにあたって、ウエハ上の全てのショット領域（または予め指定されている複数のショット領域SA<sub>1</sub>～SA<sub>7</sub>のみでも良い）でのLSA誤差（ベクトル $e$ ）を表示装置64に表示させるようにする。そして、例えばウエハ全体での傾向と比較してベクトル $e$ の傾向（方向や大きさ）が極端に異なる（換言すればランダム誤差 $r$ が極端に大きい）ショット領域を、予め変換行列B、Cを算出するのに用いる指定ショットから除くようにすれば、より一層精度良く変換行列B、Cを算出することが可能となる。

尚、ここで除去したショット領域については、EGAショット配置の最適化（シミュレーション）を行う際にもEGAショットとして指定しないようにすれば、EGAショット配置のシミュレーション回数を減らすことが可能になり、結果的にプロセスウエハでのEGA演算精度が向上する、すなわち全てのショット領域においてEGA誤差（ベクトル $a$ ）が最小になる。

【0069】さらに、EGAショット配置のシミュレーションを行ってもEGA誤差（ベクトル $a$ ）が小さくならない場合には、例えばウエハ上のショット領域をいくつかのブロックに分け、各ブロック毎にEGA演算（変換行列 $A$ 、 $O$ の算出）を行うこととし、ブロック単位でEGAショット配置の最適化を行うようにしても構わない。また、例えばウエハの外周付近でのスケーリング誤差が極端に大きい場合には、ウエハ上の全てのショット領域を、ウエハセンタを中心とした円形状の第1領域と当該領域の外側の円環状の第2領域（例えば、最外周に位置するショット領域のみを含む領域）とに分け、EGAショット配置の最適化は第1領域内のショット領域のみを用いて行うようにしても良い。尚、このような条件のもとで決定されたEGAショット配置に従って実際のプロセスウエハでEGA演算を行うと、第2領域内のショット領域での重ね合わせ誤差は大きくなり得るので、実際のプロセスウエハでは第2領域内のショット領域について、別にEGA演算を実行する、またはダイ・バイ・ダイ、もしくはサイト・バイ・サイト方式でアライメントを行うようにすることが望ましい。

【0070】さらに、上記実施例では予め記憶部506に設定された全ての信号処理条件やEGAショット配置についてシミュレーションが終了した時点で、演算部505（またはオペレータ）が各条件に対応付けられて記憶部506に格納されたシミュレーション結果に基づいて最適な条件を選択し、この選択した条件をLSA演算ユニット60やEGA演算ユニット502に対して設定していた（ステップ204、212）。しかしながら、例えばオペレータ（または演算部505）がLSA誤差やEGA誤差のシミュレーションが行われるたびに、そのシミュレーション結果と既に記憶部506に格納されているシミュレーション結果とを比較し、シミュレーション結果が良くなっている、すなわちLSA誤差やEGA誤差が小さくなっている場合のみ、記憶部506の格納データ（上記条件に対応付けられたシミュレーション結果）の書換（更新）を行うようにしても構わない。この場合には、記憶部506に設定された全ての信号処理条件やEGAショット配置についてシミュレーションが終了した時点で最適な条件の選択を行わずとも、記憶部506の格納データに従って直ちにLSA演算ユニット60やEGA演算ユニット502に最適条件を設定できる。また、記憶部506に設定された全ての信号処理条件やEGAショット配置でのシミュレーション結果を記

憶部506に格納しておく必要がないので、その記憶容量が小さくて済むといった利点を得られる。尚、全ての条件についてシミュレーションを行ってもLSA誤差やEGA誤差が小さくならない場合、LSA演算ユニット60やEGA演算ユニット502には最後に行われたシミュレーションでの条件が設定されていることになる。この際、演算部505はこの最後の条件でのシミュレーション結果を記憶部506に格納しておくことが望ましい。

【0071】また、図5に示したフローチャートにおいては、ステップ102の終了後にウエハ上の全てのショット領域のマーク位置を検出するようにしていたが、ステップ103では変換行列 $A$ 、 $O$ の決定に必要なショット領域のみについて、マーク位置計測（及び波形データの格納）を行っておき、残りのショット領域についてはステップ106における2nd露光と並行してマーク計測等を行うようにしても構わない。

【0072】さらに、例えば特開平1-179317号公報に開示されているように、ステッパ本体とコータディベロッパー（さらには別設の検査装置等）をインライン化すれば、上記実施例での動作を全て自動化でき、オペレータが介在する必要がなくなることは言うまでもない。また、このようなシステムを構築することによって、ウエハに対する処理条件（現像、エッチング条件等）までも含めた（考慮した）重ね合わせ誤差の解析、及び信号処理条件やEGAショット配置の最適化を行うことが可能となる。

【0073】ところで、以上の実施例においてはEGA方式のファインアライメントにおける重ね合わせ誤差の解析について述べたが、本発明に好適なアライメント方式はEGA方式（さらには最小二乗法）に限られるものではなく、重ね合わせ露光に先立ってウエハステージのステッピング位置を補正する方式であれば良く、さらに最小二乗法以外のいかなる演算手法を用いても構わない。尚、露光前にウエハ全体の $X$ 、 $Y$ 及び回転方向の位置ずれを一括して補正するグローバルアライメント方式であっても、その重ね合わせ誤差を上記実施例と全く同様の動作で解析することができる。また、1ショット毎にアライメントを行う方式（ダイ・バイ・ダイまたはサイト・バイ・サイト方式）であっても、上記実施例と同様の動作を行うことによってその重ね合わせ誤差を解析することができる。但し、ダイ・バイ・ダイまたはサイト・バイ・サイト方式では、上記実施例における点DEGと点MALとが一致することになるため、アライメントセンサーによるマーク位置検出時に生じ得る誤差（LSA誤差に相当）のみにについて、当該誤差を線形成分と残りの成分とに分けて解析することができる。

【0074】また、上記実施例ではアライメントセンサーとしてLSA系を用いる場合について述べたが、本発明はいかなる方式のアライメントセンサーに対しても適

用することができる。すなわちTTR方式、TTL方式、またはオフオクシス方式のいずれの方式であっても、さらにその検出方式が上記の如きLSA方式であっても、FIA系20の如き画像処理方式であっても構わない。また、例えばウエハ上に形成された1次元の回折格子に対して2方向からコヒーレントな平行ビームを照射して回折格子上に1次元の干渉縞を作り、この干渉縞の照射により回折格子から発生する回折光（干渉光）の強度を光電検出する方式のアライメントセンサー（以下、Laser Interferometric Alignment;LIA系と呼ぶ）を用いても構わない。この方式には、2方向からの平行ビームに一定の周波数差を与えるヘテロダイン方式と、周波数差のないホモダイン方式とがある。特にヘテロダイン方式のLIA系は、ウエハ上の回折格子からの干渉光の光電信号（光ビート信号）と、2本の送光ビームから別途作成された参照用干渉光の光ビート信号との位相差（ $\pm 180^\circ$ 以内）を求めることにより、格子ピッチ（ $2P$ ）の $\pm (2P)/4$ 以内の位置ずれを検出するものである。尚、この詳細な構成については、例えば特開平2-227602号、または特開平2-272305号公報等に掲載されている。また、以上のようなアライメントセンサーを用いる場合の上記実施例との差異は、その最適化に際して変更可能な信号処理条件だけである。以下、図14、図15を参照してFIA系、LIA系の各々での信号処理条件について簡単に説明する。

【0075】図14（A）はFIA系20によって検出されるウエハマークWM1の様子を示し、図14（B）はそのとき得られる画像信号の波形を示す。図14

（A）に示すようにFIA系20（不図示の撮像素子）は、ウエハマークWM1の3本のバーマークと指標マークFM1、FM2との像を走査線VLに沿って電氣的に走査する。この際、1本の走査線だけではS/N比の点で不利なので、ビデオサンプリング領域VSA（一点鎖線）に入る複数の水平走査線によって得られる画像信号のレベルを、水平方向の各画素毎に加算平均すると良い。図14（B）に示すように画像信号には、両側に指標マークFM1、FM2の各々に対応した波形部分があり、FIA演算ユニット61はこの波形部分をスライスレベルSL2により処理することで各マークの中心位置（画素上の位置）を求め、その中心位置 $x_0$ を求めている。尚、指標マークFM1、FM2の各中心位置を求める代わりに、指標マークFM1の右エッジと指標マークFM2の左エッジの各位置を求めることで、中心位置 $x_0$ を求めるようにしても構わない。一方、ここでは図14（B）に示すように画像信号上の波形が、各バーマークの左エッジ、右エッジに対応した位置でボトムとなっており、FIA演算ユニット61はスライスレベルSL1により波形処理を行って各バーマークの中心位置を求めた後、各位置を加算平均してウエハマークWM1の中心位置 $x_C$ を算出する。さらに、先に求めた位置 $x_0$ と

マーク計測位置 $x_C$ との差 $\Delta x (=x_0 - x_C)$ を算出し、FIA系20の観察領域内にウエハマークWM1が位置決めされたときのウエハステージ3の位置と先の差 $\Delta x$ とを加えた値をマーク位置情報として出力している。

【0076】従って、上記の如きFIA系20において変更可能な信号処理条件としては、波形解析アルゴリズム、スライスレベルSL1（電圧値）、コントラストリミット値、及び処理ゲート幅 $G_x$ （画素上での幅 $G_x$ の中心位置、及びその幅）等がある。さらに波形解析アルゴリズムとしては、各バーマークの中心位置を求めるに際して、バーマークの左エッジ、右エッジに対応した波形部分BS1L、BS1RとBS2L、BS2Rとのうち、①外スロープBS1L、BS2Rのみを用いるモード、内スロープBS1R、BS2Lのみを用いるモード、外スロープBS1L、BS2R、及び内スロープBS1R、BS2Lを用いるモードがある。

【0077】次に、図15を参照してLIA系（特にヘテロダイン方式）での信号処理条件について説明する。図15に示すように、ウエハ上の1次元の回折格子WM2に対して、周波数差 $\Delta f$ の2本のコヒーレントビーム（平行光束）BM1、BM2が交差角（ $2\psi_0$ ）で入射すると、回折格子WM2上にはピッチ $P$ （但し、格子ピッチ $2P$ ）の1次元の干渉縞IFが作られる。この干渉縞IFは、回折格子WM2のピッチ方向に周波数差 $\Delta f$ に対応して移動することになり、その速度 $V$ は $V = \Delta f \cdot P$ なる関係式で表される。この結果、回折格子WM2からは図15に示すような回折光B1（-1）、B2（+1）、・・・が発生する。尚、添字1、2は入射ビームBM1、BM2との対応を表し、カッコ内の数字は回折次数を表している。通常、LIA系では光軸AXに沿って進行する $\pm 1$ 次回折光B1（-1）、B2（+1）の干渉光の光電信号と、2本の送光ビームから別途作成された参照用干渉光の光電信号との位相差を求めることにより位置ずれを検出している。または、0次回折光B2（0）と-2次回折光B1（-2）との干渉光の光電信号と参照用の光電信号との位相差から検出した位置ずれ量と、0次回折光B1（0）と-2次回折光B2（+2）との干渉光の光電信号と参照用の光電信号との位相差から検出した位置ずれ量とを加算平均して位置ずれ量を求めるようにしても良い。

【0078】従って、上記の如きLIA系で変更可能な信号処理条件は、光電検出すべき干渉光（回折光の次数）の選択のみである。すなわち、LIA系では $\pm 1$ 次回折光B1（-1）、B2（+1）を用いる第1モード、0次回折光B2（0）と-2次回折光B1（-2）、及び0次回折光B1（0）と-2次回折光B2（+2）を用いる第2モード、さらには第1モードと第2モードとでの干渉光の強度を比較して、その強度値が大きい方を選択して使用する第3モードとがあり、LIA系の最適化に際してはこの3つのモードを変更してシミュレーションを行うことにな

る。

【0079】また、本実施例では真の配列座標値（ $MVE_x$ 、 $MVE_y$ ）を求めるために、目視用のバーニア（図4）を用いていたが、例えば図16に示すような2組のパターン群、すなわち主尺パターン（ $RX_{1a}$ 、 $RX_{1b}$ ）及び（ $RY_{1a}$ 、 $RY_{1b}$ ）と副尺パターン（ $RX_{2a}$ 、 $RX_{2b}$ ）及び（ $RY_{2a}$ 、 $RY_{2b}$ ）を用いれば、目視によらず別設の検査装置（さらにはステッパーのアライメントセンサー）において両者の位置ずれ量（ $\Delta V_x$ 、 $\Delta V_y$ ）を自動計測でき、しかも計測精度も向上させることができる。この種のパターンを用いた計測技術に関しては、例えば特開平2-31142号公報に開示されているので、ここでは説明を省略する。尚、図16中では主尺パターンに対して副尺パターンを重ね合わせた様子を点線にて示しており、例えばX方向の位置ずれ量 $\Delta V_x$ は、交差した部分（斜線部）の距離 $L_y$ を計測することによって、 $\Delta V_x = (LY - L_y) / 2 \cdot \tan(\alpha/2)$ なる関係式から算出される。ここで、 $LY$ は主尺パターンと副尺パターンとがX方向に位置ずれすることなく正確に重ね合わせが行われたときの距離（設計値）である。また、図16に示したパターン群を用いずとも、例えば主尺パターン及び副尺パターンとしてともに図8（A）中に示したような回折格子マーク $M_x$ を用い、両者を所定間隔（設計値）だけ離してウエハ上に転写すれば、両者の間隔を計測して設計値との差を求めることにより、上記と同様に位置ずれ量を自動計測することが可能となる。

【0080】また、上記実施例ではLSA系での信号処理条件の最適化についてのみ説明したが、例えば同一のプロセスウエハについてFIA系やLIA系でもその信号処理条件の最適化を行っておき、上記実施例におけるベクトル $e$ に相当する誤差が最も小さくなるアライメントセンサーを選択し、このアライメントセンサーをプロセスウエハの種類に対応付けて記憶部506に格納しておけば、より一層重ね合わせ精度を向上させることが可能となる。また、上記実施例では主尺パターン $RP_1$ と副尺パターン $RP_2$ とを同一レチクル上に形成し、レチクルを所定距離だけ移動させることによって重ね合わせ露光を行うこととしたが、当然ながら上記2つのパターンを別々のレチクルに形成し、レチクル交換を行ってから重ね合わせ露光を行うようにしても良い。さらに、主尺パターン $RP_1$ と副尺パターン $RP_2$ とはテストレチクルに形成しても、あるいはデバイスレチクルの一部（例えばマルチ・ダイ・レチクルにあつてはストリートライン相当領域内）に形成するようにしても構わない。

【0081】さらに、上記実施例では露光が終了した時点でウエハの現像、エッチング処理を行い、ウエハ上の下地層に形成されたパターンを使って各種計測（例えばバーニア計測、マーク位置計測等）を行うこととしたが、例えばレジスト層に対して2重露光を行うことによ

り形成されたマークやバーニアの像（潜像）、またはそのウエハに対して現像処理のみを施すことにより形成されるマークやバーニアのレジスト像を使って各種計測を行うようにしても構わない。ここで潜像を用いる場合には、1st露光により形成されたマーク像（潜像）をアライメントセンサーで検出した後に2nd露光が行われるのに対して、レジスト像を用いる場合には、1st露光及び2nd露光が終了した時点で現像処理が施され、その結果形成されるレジスト像を使って各種形成が行われることになる。つまり、レジスト像を用いる場合には、1st露光でレジスト層に形成されたマーク像が2nd露光においても露光され、現像処理を施してもマークのレジスト像が形成されないことが起こり得る。そこで、このような場合には2nd露光を行うにあたって、予め1st露光で形成されたマーク像に対応するレチクルの部分領域に遮光層（クロム等）を形成しておく、もしくは照明光学系中のレチクルとほぼ共役な面内に配置される可変ブラインドを駆動して、レジスト層のマーク像が露光されないようにレチクルの当該領域を遮光しておく必要がある。

【0082】以上の実施例では、バーニア計測（ステップ107）を行うことによって1stショット領域の真の座標位置 $MVE$ を求め、これによって重ね合わせ誤差（ベクトル $v$ ）をLSA誤差（ベクトル $e$ ）とEGA誤差（ベクトル $a$ ）とに分けて解析していた。ここで、バーニア計測を行わない場合は、例えば図9中に示す点 $MVE$ が点 $MAL$ に一致することになる。しかしながら、このような場合でも上記の如き信号処理条件についてシミュレーションを行えば、点 $MVE$ と点 $MAL$ とは近づき、上記条件に応じたLSA誤差（ベクトル $e$ ）の変化の傾向を知ることができる。従って、本発明では必ずしもバーニアを必要とせず、バーニア計測を行わなくとも、信号処理条件の最適化を行うことが可能となっている。

【0083】また、本発明による位置合わせ装置をステッパーに適用する場合について述べたが、ステッパー以外の露光装置（X線露光装置、複数の分割マスクを備えた電子ビーム露光装置等）、ステップ・アンド・リピート方式で順次検査を行う装置、またはウエハ上の素子の一部にレーザ光を照射して、欠陥素子のリペアを行う装置等に適用しても、本実施例と同様の効果を得られる。

【0084】

【発明の効果】以上のように本発明では、露光位置算出手段で選択される少なくとも2つの露光領域を選択するための配置条件を異なる条件で複数設定し、この複数の配置条件がアライメント精度上でどのような向上をもたらすかを解析することができる。従って、露光領域の配置条件を最適化することによって、より一層アライメント精度を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

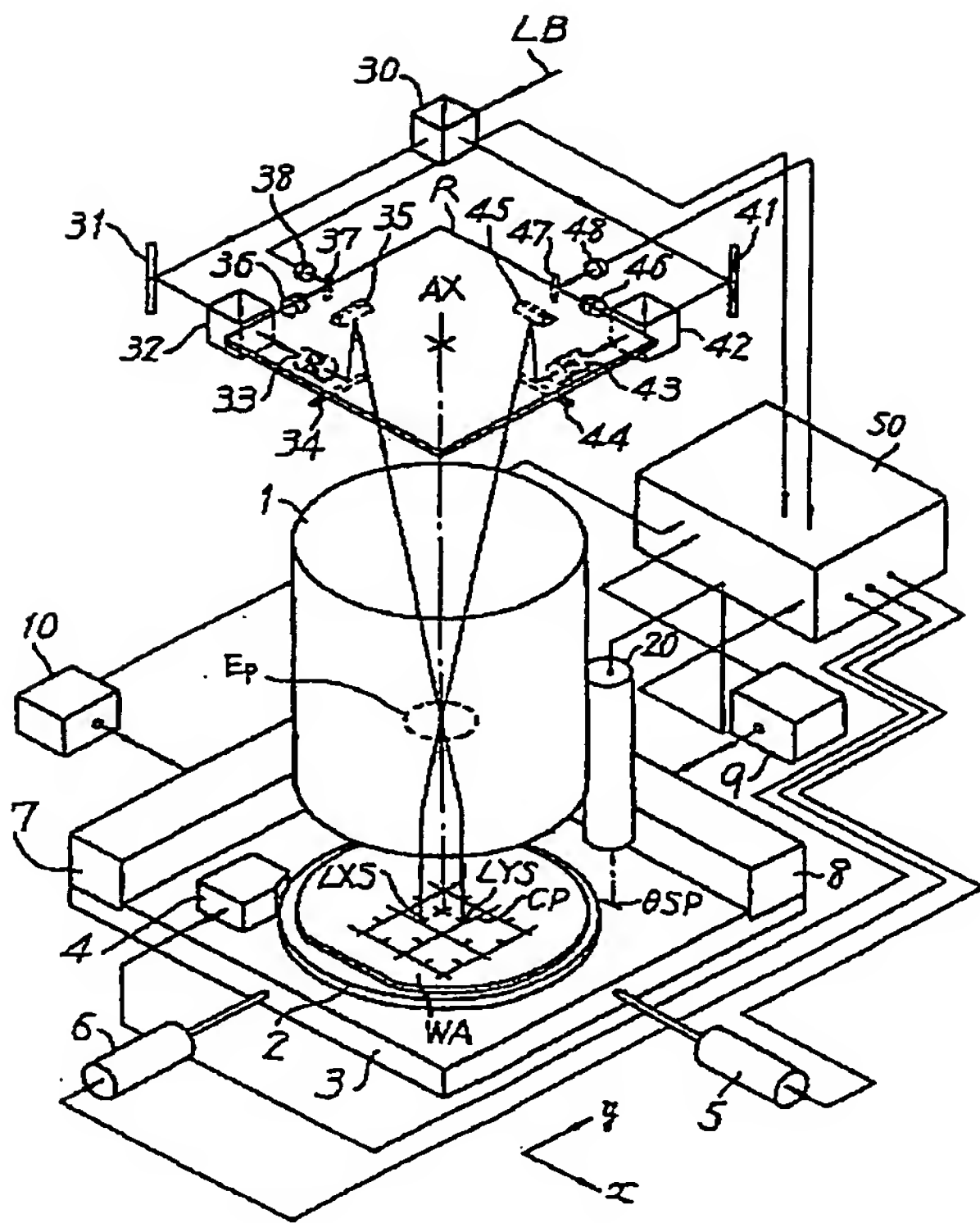
【図1】本発明の位置合わせ装置を備えた縮小投影型露光装置の制御系の概略的な構成の一例を示すブロック

W …ウエハ

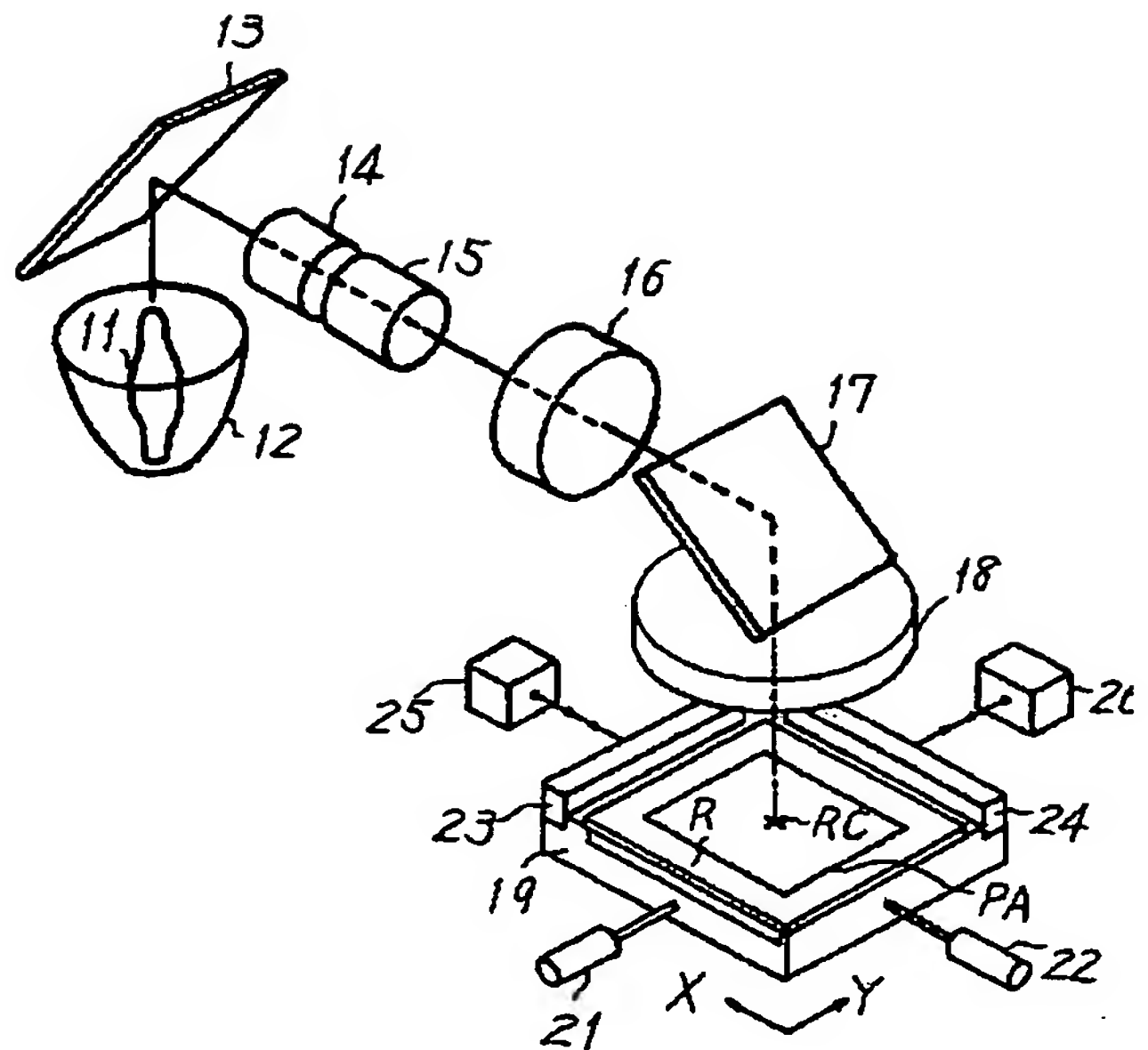
```

graph TD
    START([START]) --> 100[1st露光 (主尺パターンRP1 転写)]
    100 --> 101[ウエハ処理 - レチクル移動]
    101 --> 102[ウエハ・プリアライメント]
    102 --> 103[全てのショット領域のマーク位置の検出  
及び波形データの格納]
    103 --> 104[交換行列A、Oの決定・格納]
    104 --> 105[配列座標値 (Dexam、Dexam) の算出]
    105 --> 106[2nd露光 (副尺パターンRP2 転写)]
    106 --> 107[バーニア計測]
    107 --> 108[データ入力]
    108 --> 109[真の配列座標値 (Mexam、Mexam) の算出]
    109 --> 110[重ね合わせ誤差の解析・表示]
    110 --> END([END])
  
```

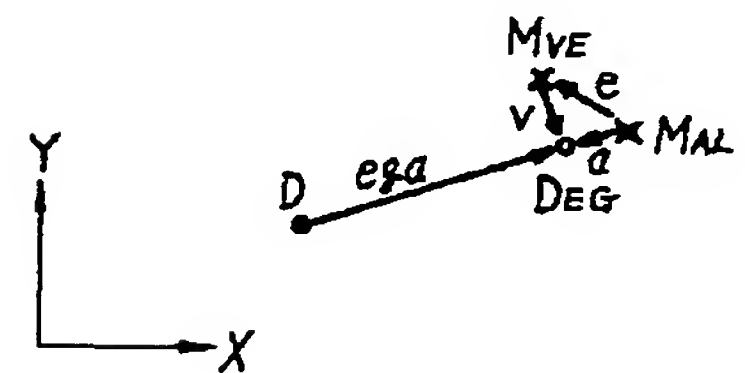
【図2】



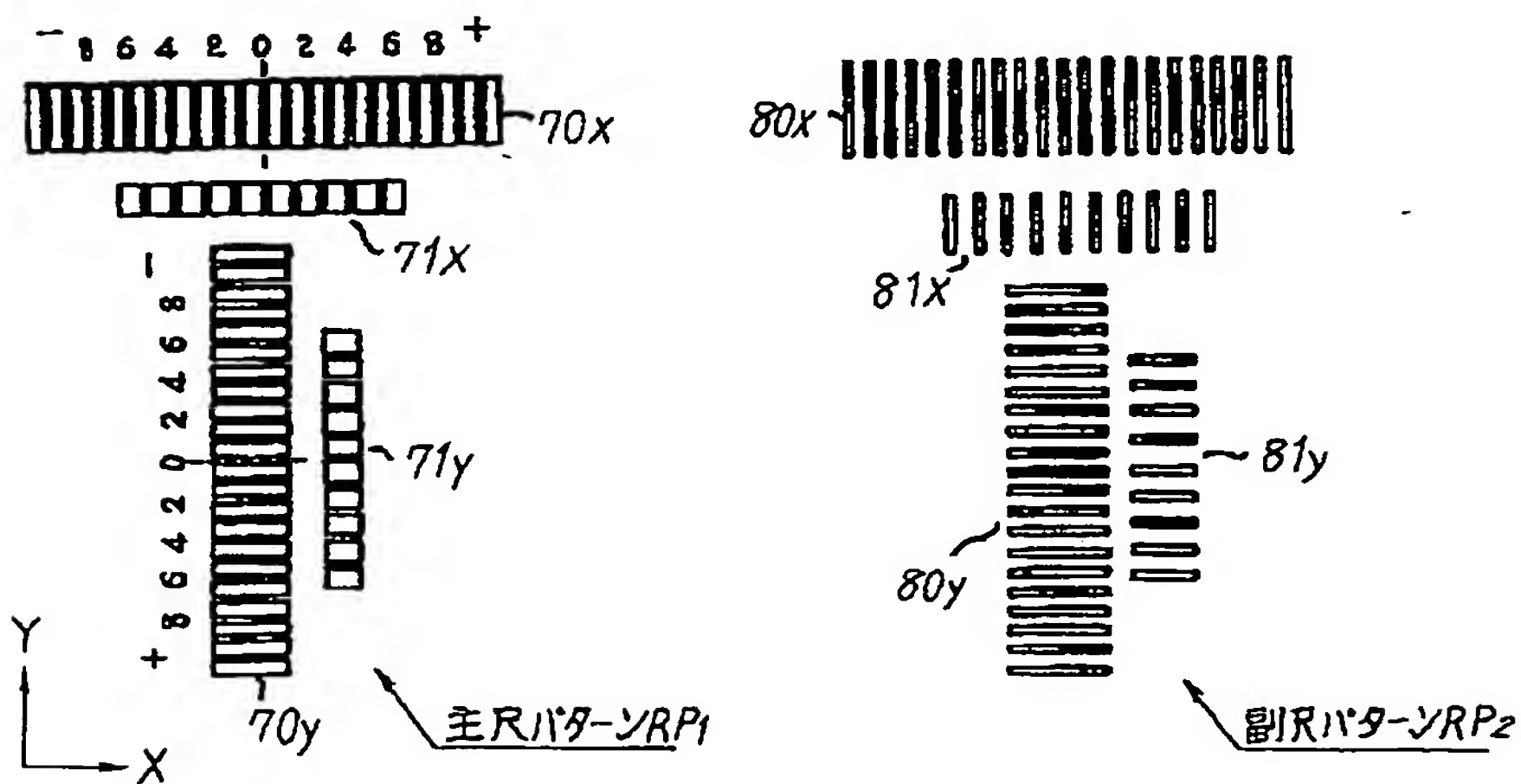
【図3】



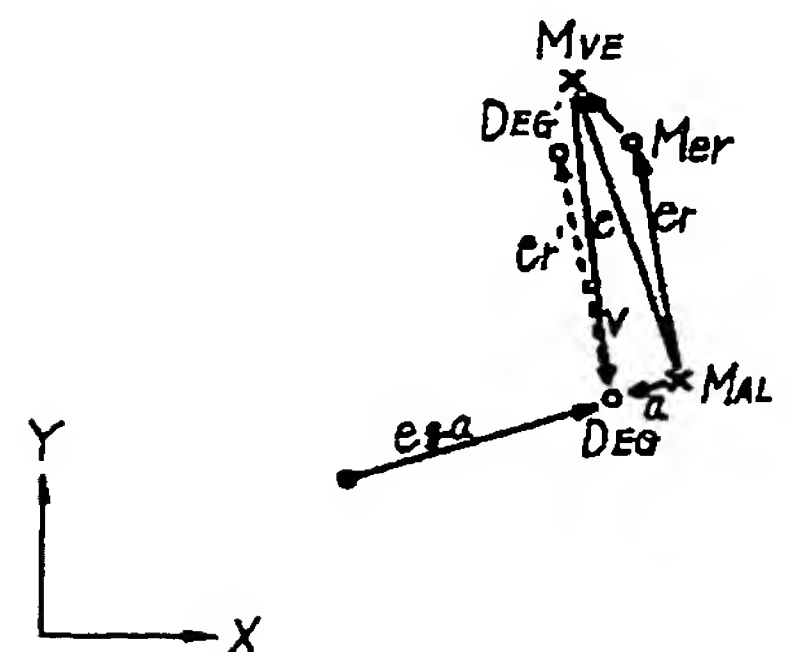
【図12】



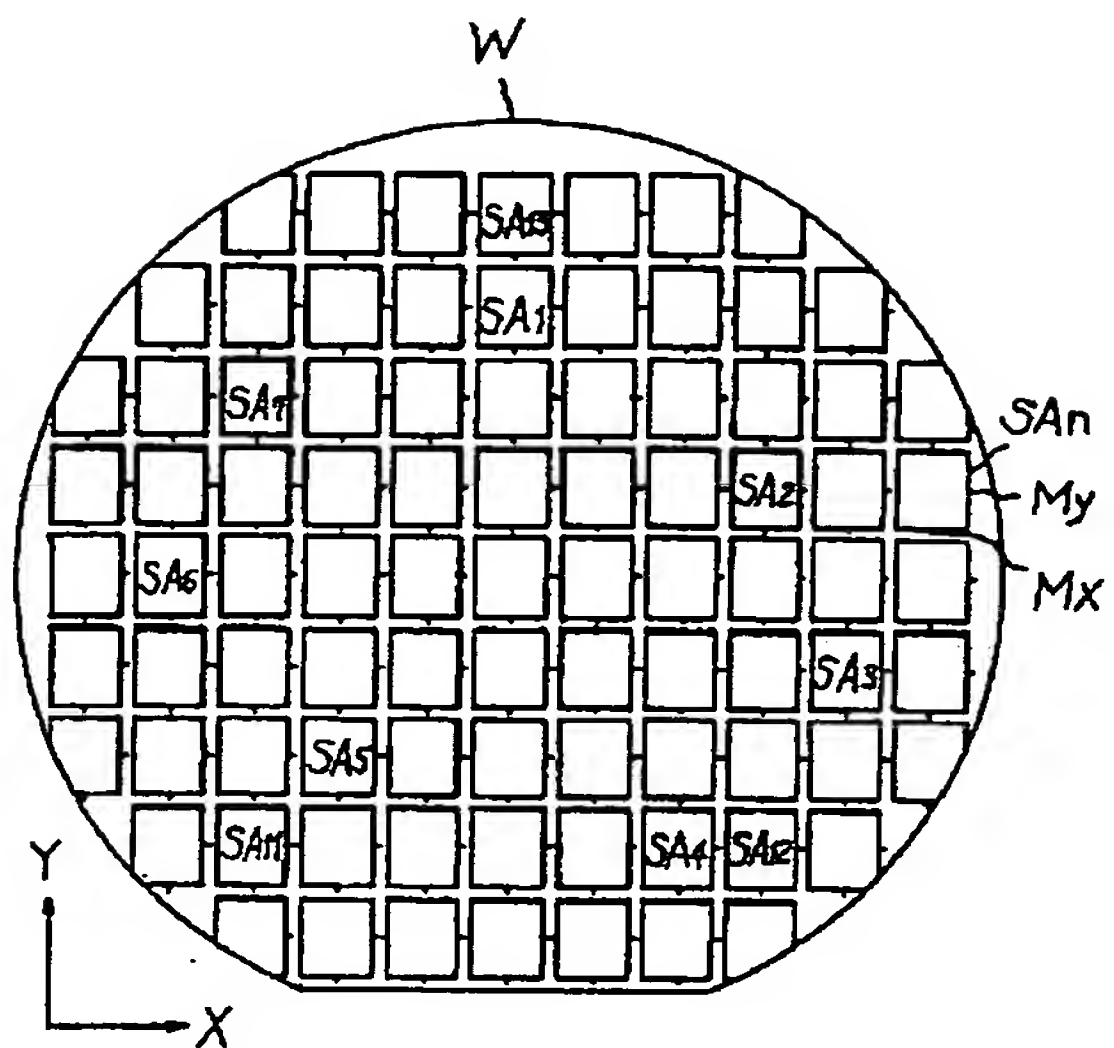
【図4】



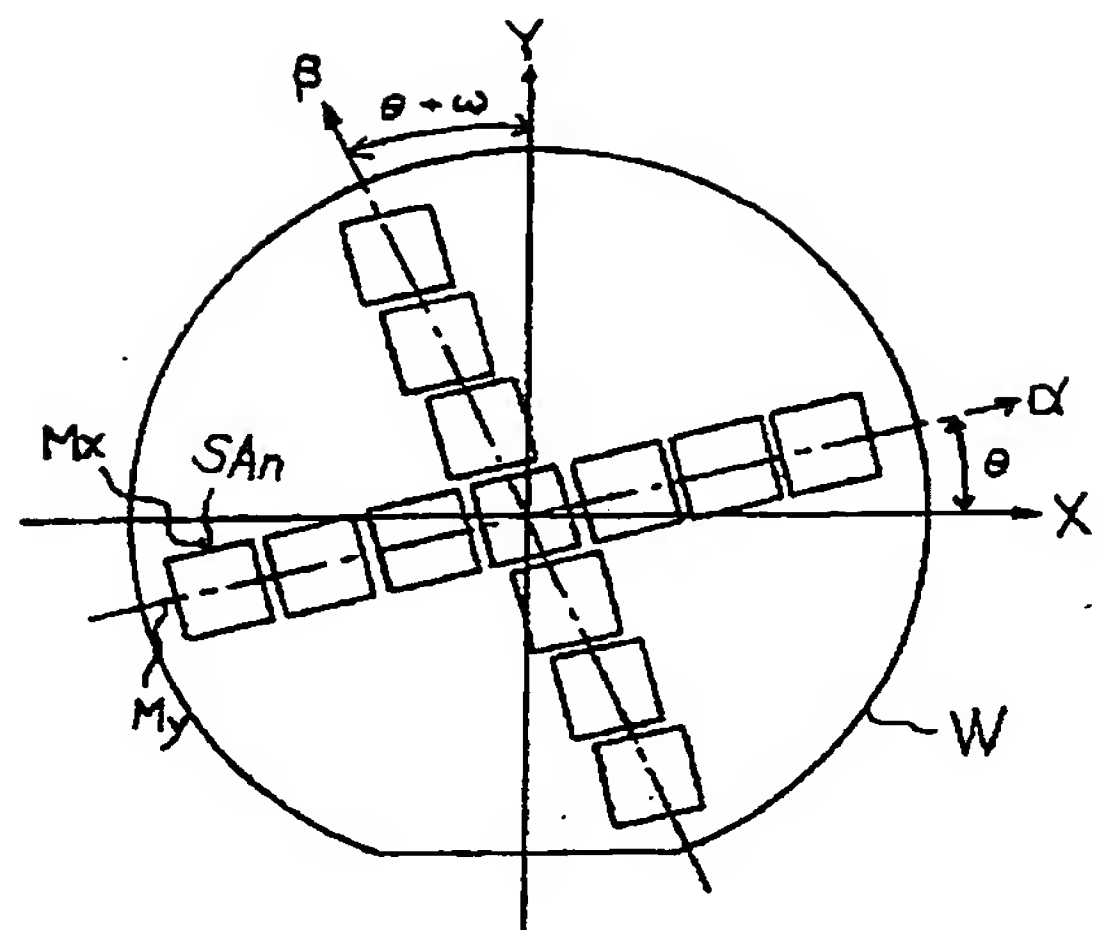
【図13】



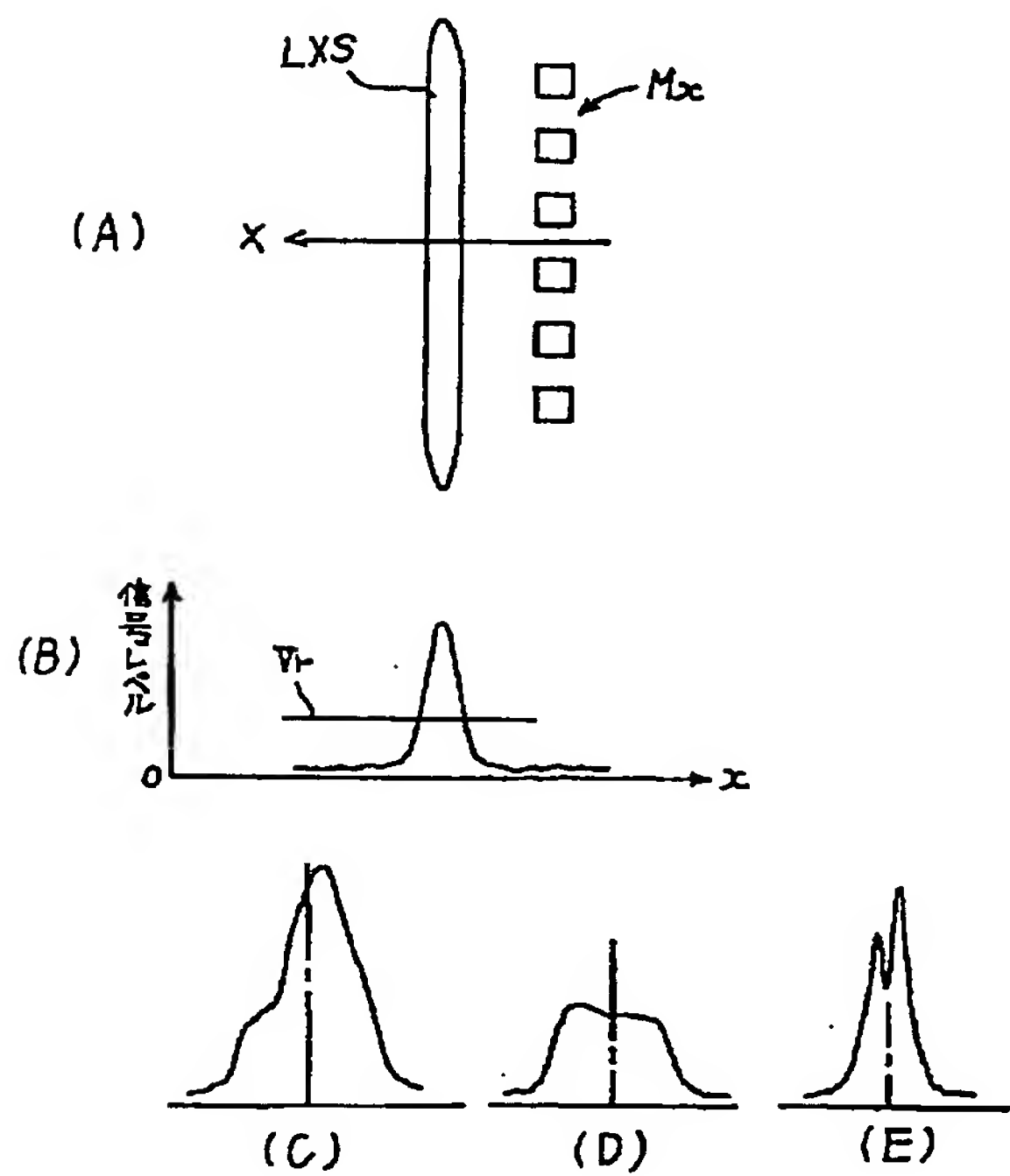
【図6】



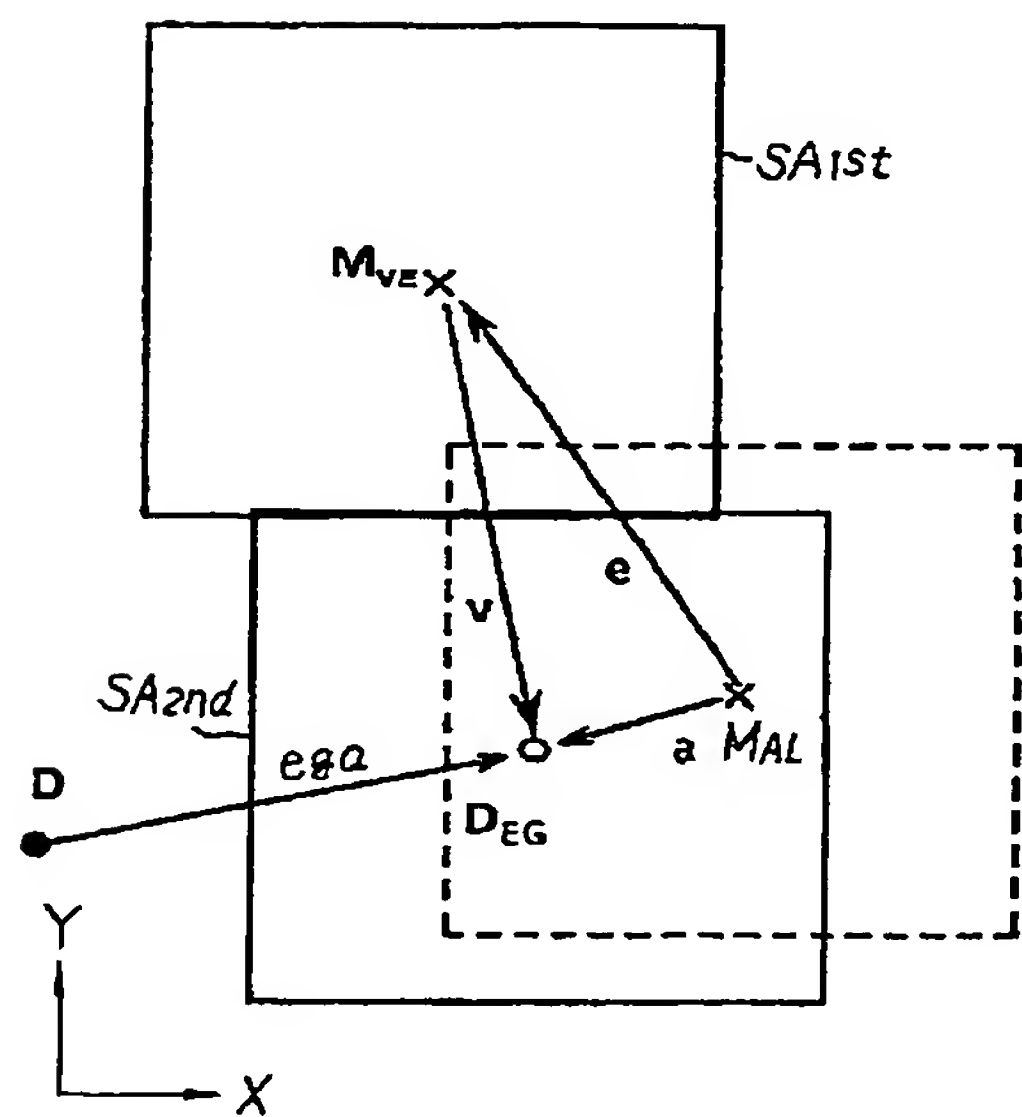
【図7】



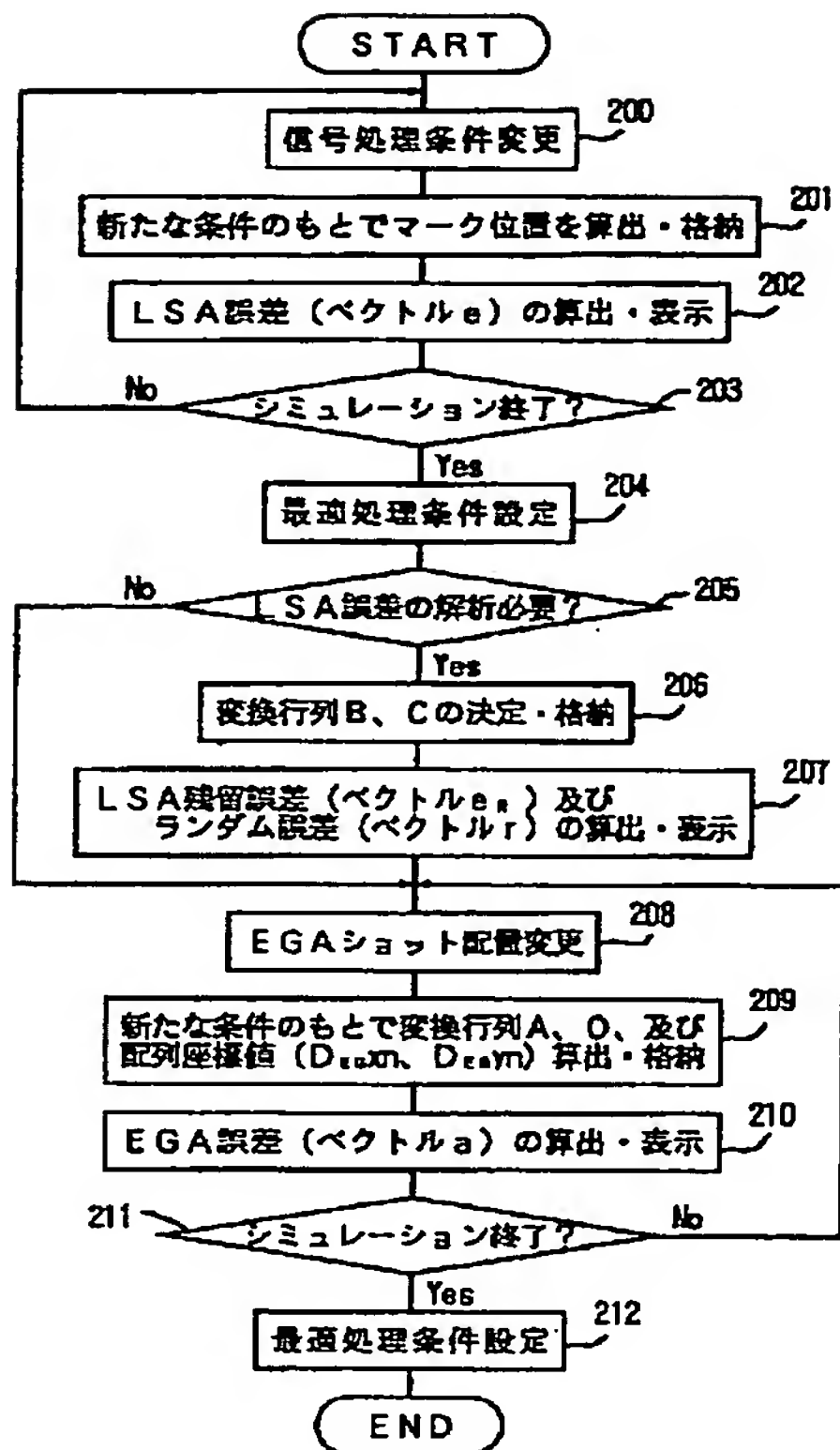
【図8】



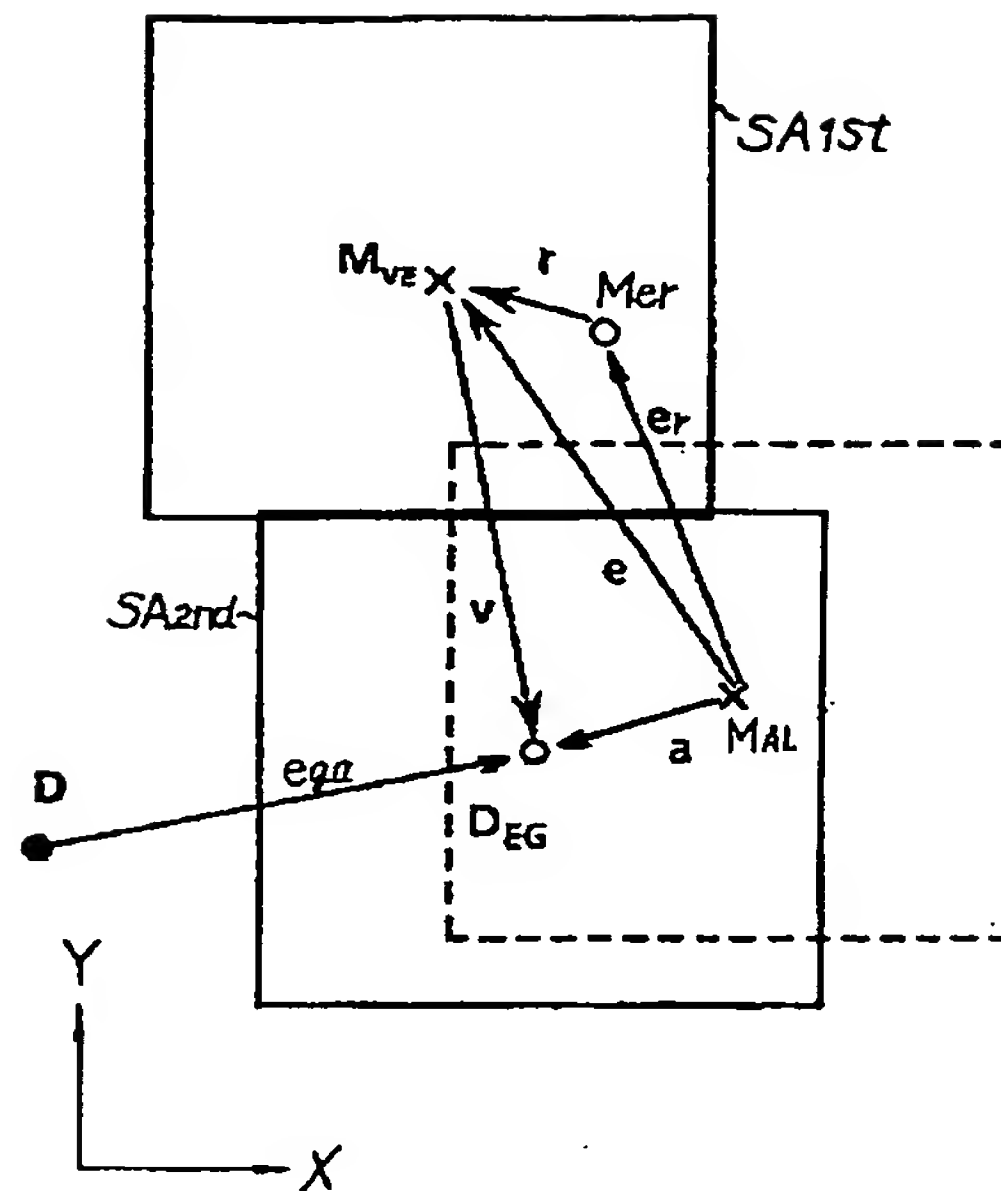
【図9】



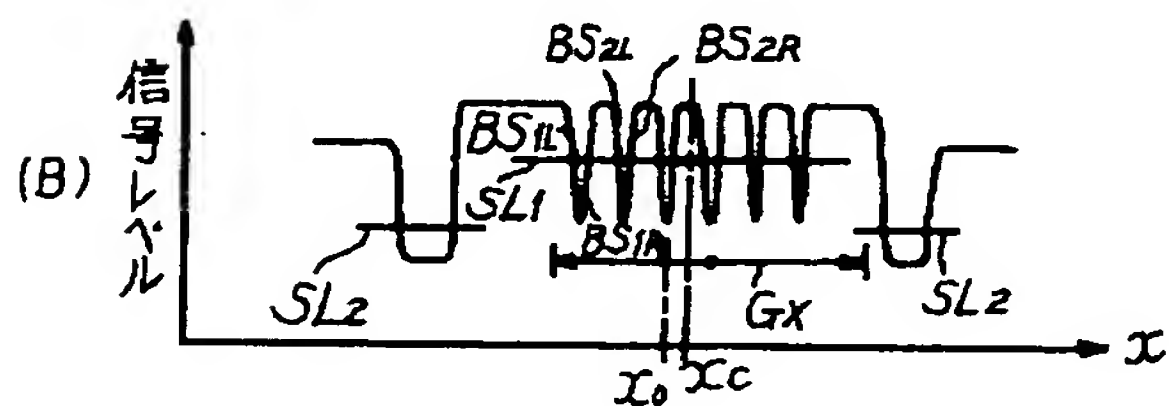
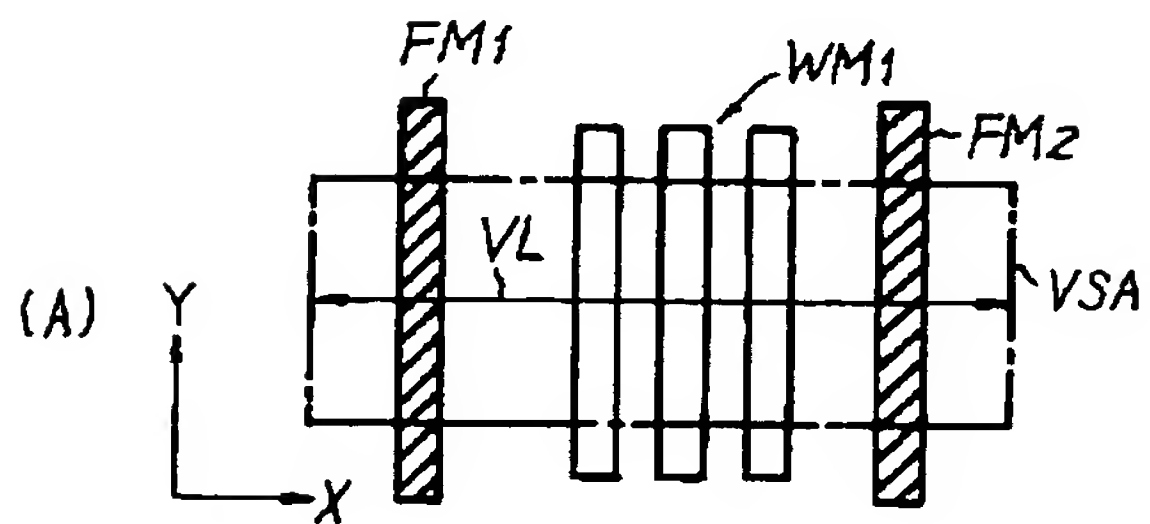
【図10】



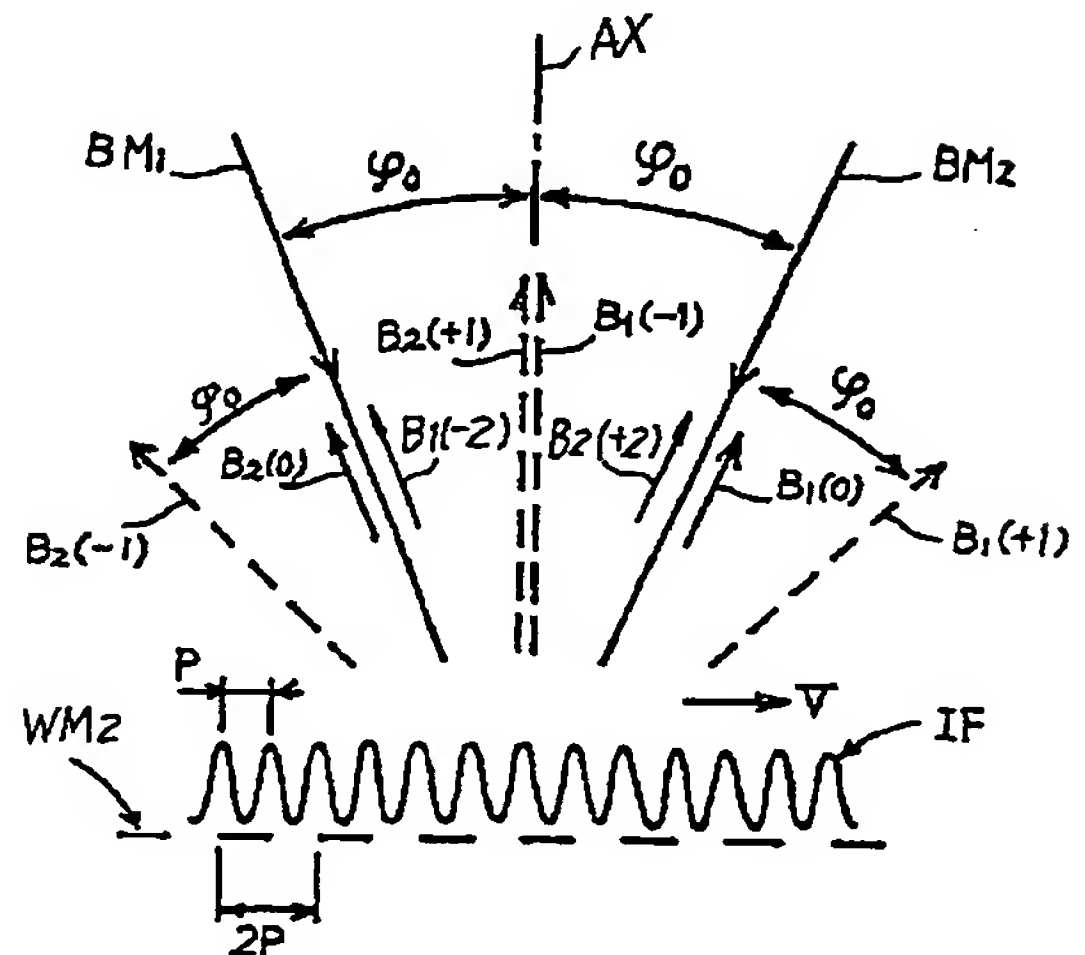
【図11】



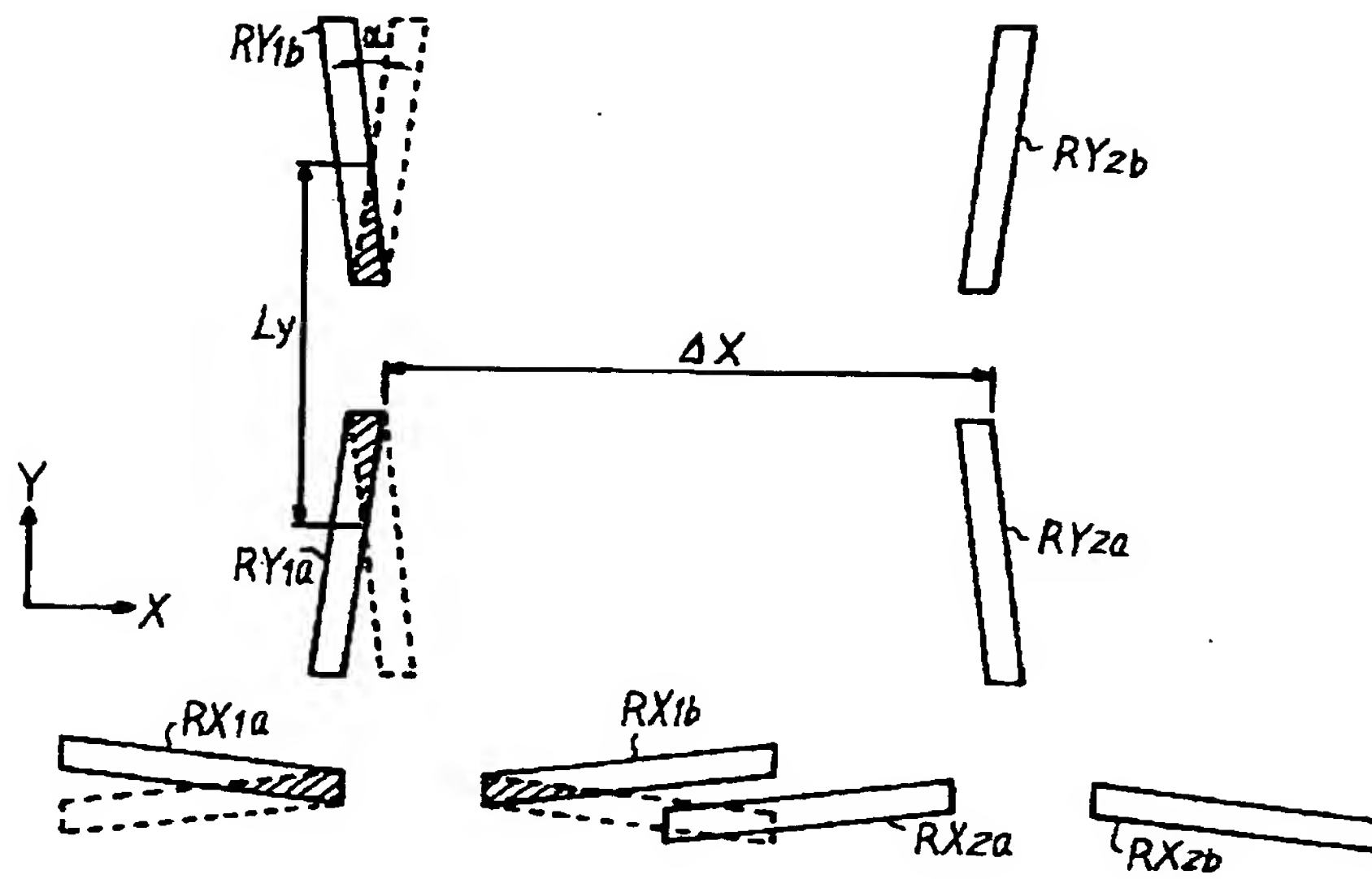
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

